

Alair Henrique Fernandes

Eficientização da iluminação de um escritório em um prédio comercial em Belo Horizonte, Minas Gerais

Belo Horizonte

Escola de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais

Orientador: Prof.^a Dr.^a Roberta Vieira Gonçalves de Souza

2014

Alair Henrique Fernandes

Eficientização da iluminação de um escritório em um prédio comercial em Belo Horizonte, Minas Gerais

Monografia apresentada ao curso de Especialização em Sistemas Tecnológicos e Sustentabilidade Aplicados ao Ambiente Construído da Escola de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Sistemas Tecnológicos e Sustentabilidade Aplicados ao Ambiente Construído

Belo Horizonte

Escola de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais

Orientador: Prof.^a Dr.^a Roberta Vieira Gonçalves de Souza

2014

FICHA CATALOGRÁFICA

FOLHA DE APROVAÇÃO

A minha esposa e meu filho pelo incentivo, apoio e
compreensão incondicionais.

AGRADECIMENTOS

A Deus por mais esta porta que se abre.

A minha orientadora Dr.^a Roberta Vieira Gonçalves de Souza ter me aceitado como orientando.

O saber não ocupa espaço, e sim o vazio de nada saber.

(Eça de Queiroz)

RESUMO

A proposta deste trabalho foi de avaliar o sistema de iluminação de um escritório comercial na cidade de Belo Horizonte, em Minas Gerais, no que diz respeito à sua eficiência energética. Foram consideradas as condições de conforto dos usuários e o sistema de iluminação existente. A iluminância dos diversos ambientes foi medida segundo os procedimentos prescritos nas normas ABNT NBR 5382/1985 – Verificação de iluminância de Interiores e ABNT NBR 15215-4/2005 – Iluminação Natural – Parte 4 – Verificação experimental das condições de iluminação interna de edificações e, em seguida, os resultados foram comparados com os limites determinados na norma ABNT NBR ISO/CIE 8995-1/2013 - Iluminação de ambientes de trabalho Parte 1: Interior. Foram avaliados os Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos através do método das atividades do edifício. Um software computacional foi utilizado para simular as condições atuais e diversas propostas de melhoria que visam reduzir o consumo de energia elétrica e tornar as instalações mais eficientes sem prejudicar as condições de conforto visual dos usuários. As simulações realizadas mostraram que a substituição e redistribuição dos conjuntos de lâmpadas, luminárias e reatores nos principais ambientes garantem uma economia de 32,79% no consumo de energia elétrica e a alteração do nível de eficiência energética de C para A, que é a classificação mais eficiente.

Palavras-chave: Iluminação. Eficiência energética.

ABSTRACT

The purpose of this study is to evaluate the lighting system of a commercial office in the city of Belo Horizonte, Minas Gerais, in regard to its energy efficiency. Conditions of comfort of users and existing lighting system were considered. The illuminance of the various rooms will be measured according to the procedures prescribed in ABNT NBR 5382/1985 - Verification of illuminance Interior and ABNT NBR 15215-4/2005 - Natural lighting - Part 4 - Experimental verification of the conditions of indoor lighting of buildings and then the results were compared with the limits set in the standard ISO / CIE 8995-1/2013 - Lighting of work environments Part 1: Interior. The office lightings was classified according to the Quality of Technical Requirements for Level Energy Efficiency of Commercial and Public Service Buildings by the method of building activities. A computer software was used to simulate current conditions and various proposals for improvements aimed at reducing energy consumption and make the most efficient installations without harming the conditions of visual comfort of the users. The simulations showed that the substitution and redistribution of set of lamps, ballasts and luminaire in the main rooms guarantee a saving of 32.79% on energy consumption and the change in the level of energy efficiency from C to A, which is the classification more efficient.

Key words: Lighting. Energy Efficiency.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Espectro Eletromagnético	5
Figura 2 - Curva Internacional de Sensibilidade Espectral do Olho Humano	6
Figura 3 - Iluminância x Luminância	7
Figura 4 - Pontos de leitura em campo de trabalho regular	14
Figura 5 - Pontos de leitura em campo de trabalho com uma luminária	15
Figura 6 - Pontos de leitura em campo de trabalho com uma linha de luminárias	16
Figura 7 - Malha de pontos para medição	17
Figura 8 - Luminária FAA20-414	19
Figura 9 - Luminária FAA04-E	19
Figura 10 - Planta baixa do escritório	23
Figura 11 - Mapa de localização do edifício	25
Figura 12 - Fachada Noroeste	27
Figura 13 - Vista Sudoeste	27
Figura 14 – Detalhes do piso	27
Figura 15 - Detalhe do teto	27
Figura 16 - Postos de trabalho	28
Figura 17 - Iluminação	28
Figura 18 – Distribuição atual das luminárias	31
Figura 19 – Reator eletrônico para duas lâmpadas de 16W	33
Figura 20 - Lâmpada fluorescente de 16W	33
Figura 21 - Reator eletrônico para duas lâmpadas de 32W	33
Figura 22 - Lâmpada fluorescente de 32W	33
Figura 23 - Distribuição irregular de luminárias	34
Figura 24 - Uso de persianas fechadas	34
Figura 25 - Uso de persianas abertas	35
Figura 26 - Janela aberta com ar cond. ligado	35
Figura 27 - Janela aberta com ar cond. ligado	35
Figura 28 - Luminária apagada por defeito	35
Figura 29 - Interligação de interruptores	36
Figura 30- Iluminação artificial - Valores medidos	38
Figura 31 - Iluminação natural - Valores medidos	38

Figura 32 - Iluminação Natural - Escritório da Implementação.....	39
Figura 33 - Iluminação Natural - Escritório de Implementação - Cores falsas.....	39
Figura 34 - Iluminação Natural - Escritório da Manutenção	40
Figura 35 - Iluminação Natural - Escritório de Manutenção - Cores falsas	40
Figura 36 - Classificação inicial do escritório.....	43
Figura 37 - Implementação - Atual	47
Figura 38 – Implementação – Atual - Representação de cores falsas	47
Figura 39 - Implementação - Opção 1	49
Figura 40 - Implementação - Opção 1 - Representação de cores falsas	49
Figura 41 - Implementação - Opção 2.....	51
Figura 42 - Implementação - Opção 2 - Representação de cores falsas	51
Figura 43 - Implementação - Opção 3.....	53
Figura 44 - Implementação - Opção 3 - Representação de cores falsas	53
Figura 45 - Implementação - Opção 4.....	55
Figura 46 - Implementação - Opção 4 - Representação de cores falsas	55
Figura 47 - Implementação - Opção 5.....	57
Figura 48 - Implementação - Opção 5 - Representação de cores falsas	57
Figura 49 - Implementação - Opção 6.....	59
Figura 50 - Implementação - Opção 6 - Representação de cores falsas	59
Figura 51 - Implementação - Opção 7.....	61
Figura 52 - Implementação - Opção 7 - Representação de cores falsas	61
Figura 53 - Implementação - Opção 8.....	63
Figura 54 - Implementação - Opção 8 - Representação de cores falsas	63
Figura 55 - Manutenção - Opção atual.....	65
Figura 56 - Manutenção - Opção atual - Representação de cores falsas	65
Figura 57 - Manutenção - Opção 1.....	67
Figura 58 -Manutenção - Opção 1 - Representação de cores falsas	67
Figura 59 - Manutenção - Opção 2.....	69
Figura 60 - Manutenção - Opção 2 - Representação de cores falsas	69
Figura 61 - Manutenção - Opção 3.....	71
Figura 62 - Manutenção - Opção 3 - Representação de cores falsas	71
Figura 63 - Sala de Reunião 1 - Atual	73
Figura 64 – Sala de Reunião 1 - Atual - Representação de cores falsas	73
Figura 65 - Sala de Reunião 1 – Opção 6	75

Figura 66 - Sala de Reunião 1 – opção 6 - Representação de cores falsas	75
Figura 67 - Sala de Reunião 2 - Atual	77
Figura 68 - Sala de Reunião 2 – Atual - Representação de cores falsas	77
Figura 69 - Sala de Reunião 2 - Opção 2.....	79
Figura 70 - Sala de Reunião 2 - Opção 2 - Representação de cores falsas	79
Figura 71 - Sala de Reunião 3 - Atual	81
Figura 72 - Sala de Reunião 3 – Atual - Representação de cores falsas	81
Figura 73 - Sala de Reunião 3 - Opção 2.....	83
Figura 74 - Sala de Reunião 3 – Opção 2 – Representação de cores falsas.....	83
Figura 75 - Sala de Apoio 1 - Atual	85
Figura 76 - Sala de Apoio 1 – Atual – Representação de cores falsas	85
Figura 77 - Sala de Apoio 1 – Opção 2	87
Figura 78 - Sala de Apoio 1 – Opção 2 - Representação de cores falsas.....	87
Figura 79 - Sala de Apoio 2 - Atual	89
Figura 80 - Sala de Apoio 2 - Atual - Representação de cores falsas.....	89
Figura 81 - Sala de Apoio 2 - Opção 3.....	91
Figura 82 - Sala de Apoio 2 - Opção 3 - Representação de cores falsas.....	91
Figura 83 – Comparativo entre a classificação inicial e final do escritório.....	96

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Consumo de Energia Elétrica – 2012.....	1
Tabela 2 - Percentual de redução do consumo por classe	2
Tabela 3 - Requisitos de iluminação para os ambientes	10
Tabela 4 - Fluorescente 14W	20
Tabela 5 - Fluorescente 28W	20
Tabela 6 - Reatores para lâmpadas de fluorescentes de 14W.....	21
Tabela 7 - Reatores para lâmpadas de fluorescentes de 28W.....	21
Tabela 8 - Ambientes	24
Tabela 9 - Dados Geográficos.....	25
Tabela 10 – Cores e refletâncias.....	29
Tabela 11 - Potência de iluminação	32
Tabela 12 - Medições Iluminamento	37
Tabela 13 - Classificação Geral	42
Tabela 14 - Classificação inicial do Escritório	44
Tabela 15 - Classificação Final do Escritório.....	95

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Dados Climáticos e Atmosféricos.....	26
Quadro 2 – Resumo das simulações	94
Quadro 3 - Comparativo de potências elétricas	94

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

CIE - Comissão Internacional de Iluminação

EPE – Empresa de Pesquisa Energética

EqNum – Equivalente numérico

INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial

ISO - Organização Internacional para Padronização

LAN – Rede de área local

NBR - Norma Brasileira

PROCEL EDIFICA - Programa Nacional de Eficiência Energética em Edificações

RTQ-C – Requisito Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	Panorama atual de consumo de energia elétrica.....	1
1.2	Perspectivas futuras para o consumo de energia elétrica no Brasil	2
1.3	A preocupação com a Eficiência Energética.....	3
1.4	Objetivos.....	4
1.4.1	Objetivo Geral.....	4
1.4.2	Objetivos Específicos.....	4
2	REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.....	5
2.1	Luz.....	5
2.2	Unidades e grandezas fotométricas	6
2.3	Diretrizes para o projeto de iluminação.....	8
3	METODOLOGIA.....	12
3.1	Identificação do local	12
3.2	Características do edifício.....	12
3.3	Condições de conforto visual.....	12
3.4	Medição do nível de iluminamento artificial e natural	13
3.4.1	Iluminação artificial.....	13
3.4.2	Iluminação natural	16
3.5	Representação gráfica da medição da distribuição de luz natural e artificial...	17
3.6	Simulação computacional	17
3.7	Cálculo da densidade de potência Instalada	18
3.8	Seleção de lâmpadas, reatores e luminárias eficientes	18
3.8.1	Luminárias.....	18
3.8.2	Lâmpadas	19
3.8.3	Reatores.....	20

3.9 Cálculo da nova densidade de potência para avaliação da eficiência energética das propostas	21
3.10 Seleção dos ambientes de estudo	22
4 ESTUDO DE CASO	23
4.1 Identificação do Local	24
4.2 Características do Edifício	26
4.3 Condições de Conforto visual	34
4.4 Medição do nível de iluminação artificial e natural	36
4.5 Representação gráfica da medição da distribuição de luz natural e artificial...	37
4.6 Simulação computacional	39
4.6.1 Simulação computacional da iluminação natural	39
4.6.2 Simulação computacional da iluminação artificial	41
4.7 Verificação do RTQ-C.....	41
4.7.1 Desenvolvimento do Método	41
4.7.2 Classificação atual	43
4.7.3 Análise dos dados	45
4.8 Análise Crítica.....	45
4.9 Propostas de Melhoria	46
4.9.1 Escritório de Implementação.....	46
4.9.1.1 Situação Atual	46
4.9.1.2 Opção 1 de melhoria	48
4.9.1.3 Opção 2 de melhoria	50
4.9.1.4 Opção 3 de melhoria	52
4.9.1.5 Opção 4 de melhoria	54
4.9.1.6 Opção 5 de melhoria	56
4.9.1.7 Opção 6 de melhoria	58
4.9.1.8 Opção 7 de melhoria	60

4.9.1.9 Opção 8 de melhoria	62
4.9.2 Escritório de Manutenção.....	64
4.9.2.1 Situação Atual	64
4.9.2.2 Opção 1 de melhoria	66
4.9.2.3 Opção 2 de melhoria	68
4.9.2.4 Opção 3 de melhoria	70
4.9.3 Salas de Reunião 1, 2 e 3 e Salas de Apoio 1 e 2	72
4.9.3.1 Sala de Reunião 1 - Situação atual	72
4.9.3.2 Sala de Reunião 1 - Opções de melhoria.....	74
4.9.3.3 Sala de Reunião 2 - Situação atual	76
4.9.3.4 Sala de Reunião 2 - Opções de melhoria.....	78
4.9.3.5 Sala de Reunião 3 - Situação atual	80
4.9.3.6 Sala de Reunião 3 - Opções de melhoria.....	82
4.9.3.7 Sala de Apoio 1 - Situação atual	84
4.9.3.8 Sala de Apoio 1 – Opções de Melhorias	86
4.9.3.9 Sala de Apoio 2 – Atual.....	88
4.9.3.10 Sala de Apoio 2 – Opções de Melhorias	90
4.9.4 Salas de LAN, arquivo, ar condicionado, copa e circulação.....	92
5 RESULTADOS	93
6 CONCLUSÕES	97
7 REFERÊNCIAS.....	100
8 APÊNDICES.....	104
Apêndice A – Escritório de Implementação – Atual - Cálculo Luminotécnico	106
Apêndice B - Escritório de Implementação – Opção 1 - Cálculo Luminotécnico .	108
Apêndice C - Escritório de Implementação – Opção 2 - Cálculo Luminotécnico .	110
Apêndice D - Escritório de Implementação – Opção 3 - Cálculo Luminotécnico .	112
Apêndice E - Escritório de Implementação – Opção 4 - Cálculo Luminotécnico .	114

Apêndice F - Escritório de Implementação – Opção 5 - Cálculo Luminotécnico..	116
Apêndice G - Escritório de Implementação – Opção 6 - Cálculo Luminotécnico.	118
Apêndice H - Escritório de Implementação – Opção 7 - Cálculo Luminotécnico.	120
Apêndice I - Escritório de Implementação – Opção 8 - Cálculo Luminotécnico...	122
Apêndice J - Escritório de Manutenção – Atual - Cálculo Luminotécnico	124
Apêndice K - Escritório de Manutenção – Opção 1- Cálculo Luminotécnico	126
Apêndice L - Escritório de Manutenção – Opção 2 - Cálculo Luminotécnico	128
Apêndice M - Escritório de Manutenção – Opção 3 - Cálculo Luminotécnico.....	130
Apêndice N – Sala de Reunião 1 – Atual - Cálculo Luminotécnico.....	132
Apêndice O – Sala de Reunião 1 – Opção 6 - Cálculo Luminotécnico	134
Apêndice P – Sala de Reunião 2 – Atual - Cálculo Luminotécnico.....	136
Apêndice Q – Sala de Reunião 2 – Opção 2 - Cálculo Luminotécnico	138
Apêndice R – Sala de Reunião 3 – Atual - Cálculo Luminotécnico.....	140
Apêndice S – Sala de Reunião 3 – Opção 2 - Cálculo Luminotécnico	142
Apêndice T – Sala de Apoio 1 – Atual - Cálculo Luminotécnico	144
Apêndice U – Sala de Apoio 1 – Opção 2 - Cálculo Luminotécnico	146
Apêndice V – Sala de Apoio 2 – Atual - Cálculo Luminotécnico	148
Apêndice W – Sala de Apoio 2 – Opção 3 - Cálculo Luminotécnico.....	150
Apêndice X – Comparativo das normas ABNT NBR 5382/1985 e ABNT NBR15215-4/2005	152
9 ANEXOS	155
Anexo A – Projeto elétrico do 2º Andar.....	156
Anexo B – Leiaute atual do 2º Pavimento.....	158
Anexo C – Catálogo de lâmpadas Sylvania.....	160
Anexo D – Catálogo de Luminárias Lumicenter CAA01-E416.....	163
Anexo E - Catálogo de Luminárias Lumicenter FAA20-E414	165
Anexo F - Catálogo de Luminárias Lumicenter FAA04-E	167

1 INTRODUÇÃO

1.1 Panorama atual de consumo de energia elétrica

O consumo de energia elétrica no Brasil em 2013 teve um aumento de 3,5% em relação ao ano anterior, sendo que as residências foram responsáveis por 6,1%, o setor de comércio e serviços 5,7% e o consumo industrial 0,6%. Este percentual de crescimento é idêntico ao do ano de 2012. (BRASIL, 2014)

A tabela 1 apresenta o consumo de energia elétrica no Brasil em 2012 distribuído pelos principais setores.

Tabela 1 - Consumo de Energia Elétrica – 2012

Setor	Consumo (GWh)	Percentual
Total	448.117	100
Residencial	117.646	26,3
Industrial	183.475	40,9
Comercial	79.238	17,7
Rural	22.952	5,1
Poder público	14.077	3,1
Iluminação pública	12.916	2,9
Serviço público	14.525	3,2
Próprio	3.288	0,7

Fonte: Empresa de Pesquisa Energética – EPE, (BRASIL, 2013a).

Ainda segundo a Empresa de Pesquisa Energética (EPE), em 2013 o setor residencial teve 27% do total de energia consumida no país. O setor industrial teve 40% e o setor comercial subiu para 18%. Os demais setores somados ficaram em 15%.

Segundo ELETROBRÁS/PROCEL (2001), a iluminação é responsável por, aproximadamente, 23% do consumo de energia elétrica no setor residencial, 44% no setor comercial e serviços públicos e 1% no setor industrial.

Embora dentro do próprio setor comercial e de serviços públicos exista grande variabilidade de perfis de consumo, a iluminação é comum a quase todos e representa o maior percentual (ASSIS, s.d.).

1.2 Perspectivas futuras para o consumo de energia elétrica no Brasil

Segundo dados de BRASIL (2012), o consumo de energia elétrica no Brasil passará de 448.117GWh em 2012 para 672.008GWh em 2022 a uma taxa de crescimento de 4,1% ao ano. Isso representa um aumento de 149,96% no consumo de energia elétrica.

Na distribuição por setor, industrial passará de 40,9% para 38,3%. O setor residencial passará de 26,3% para 26,6%. O setor comercial passará de 17,7% para 20,7%. Os demais setores somados passarão de 15,1% para 14,4%.

O aumento mais significativo foi no setor comercial, o que pode ser justificado pela “[...] evolução da economia nacional no sentido de uma economia mais desenvolvida e com melhor distribuição de renda, solicitando serviços e segmentos comerciais de sofisticação, aliados ao potencial turístico do país” (BRASIL, 2012).

Os valores indicados acima já estão corrigidos da expectativa de redução no consumo de energia mostrada na tabela 2.

Tabela 2 - Percentual de redução do consumo por classe

Classe	2022
Residencial	9,2%
Industrial	4,9%
Comercial	4,7%
Outras	4,1%
Total	5,8%

Fonte: (BRASIL, 2012)

1.3 A preocupação com a Eficiência Energética

Motivado pela crise energética ocorrida no país em 2001, foi instituído dois anos depois o Programa Nacional de Eficiência Energética em Edificações (PROCEL EDIFICA) pela Eletrobrás/Procel em conjunto com Ministério de Minas e Energia, Ministério das Cidades, universidades, centros de pesquisa, entidades das áreas governamental, tecnológica, econômica e de desenvolvimento e do setor da construção civil (CENTRO BRASILEIRO DE INFORMAÇÃO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA, 2014)

Em 2009 foi instituído no Brasil o Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C) através da Portaria nº 53, sendo atualizado posteriormente pela Portaria nº 163, de 08 de junho de 2009, pela Portaria nº 372 de 17 de setembro de 2010, pela Portaria nº 17 de 16 de janeiro de 2012 e pela Portaria n.º 299, de 19 de junho de 2013.

O RTQ-C classifica o nível de eficiência energética das edificações de A (mais eficiente) a E (menos eficiente) avaliando e classificando individualmente os sistemas de Envoltória, iluminação e Ar Condicionado.

Entretanto o RTQ-C não considera a iluminância dos ambientes na classificação do sistema de iluminação.

No Brasil os limites de iluminância são determinados na norma ABNT NBR ISO/CIE 8995-1/2013 - Iluminação de ambientes de trabalho - Parte 1: Interior.

Diante disso, o trabalho a seguir apresentará um estudo de eficiência energética do sistema de iluminação de um escritório comercial baseado nos limites de iluminância assegurados na norma brasileira ABNT NBR ISO/CIE 8995-1/2013, nos critérios do RTQ-C e nas condições de conforto visual dos usuários.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo Geral

O Objetivo geral deste trabalho é a análise e melhoria do sistema de iluminação de um escritório comercial na cidade de Belo Horizonte.

1.4.2 Objetivos Específicos

Avaliar o sistema de iluminação natural e artificial de um escritório comercial no que diz respeito:

- Ao atendimento dos requisitos da norma ABNT NBR ISO/CIE 8995-1/2013: Iluminação de Ambientes de Trabalho;
- Ao atendimento dos requisitos do RTQ-C;
- À distribuição de luz;
- À possibilidade de desligamento da iluminação artificial durante o dia;

Apresentar propostas para o sistema de efficientização que possibilitem:

- A efficientização do sistema de através da redução da potência instalada e, conseqüentemente, do consumo de energia elétrica;
- A melhoria do conforto visual dos usuários quanto ao uso da iluminação artificial e natural.
- O enquadramento do sistema de iluminação nos requisitos da norma ABNT NBR ISO/CIE 8995-1/2013;
- Melhorar o nível de eficiência energética junto ao RTQ-C;

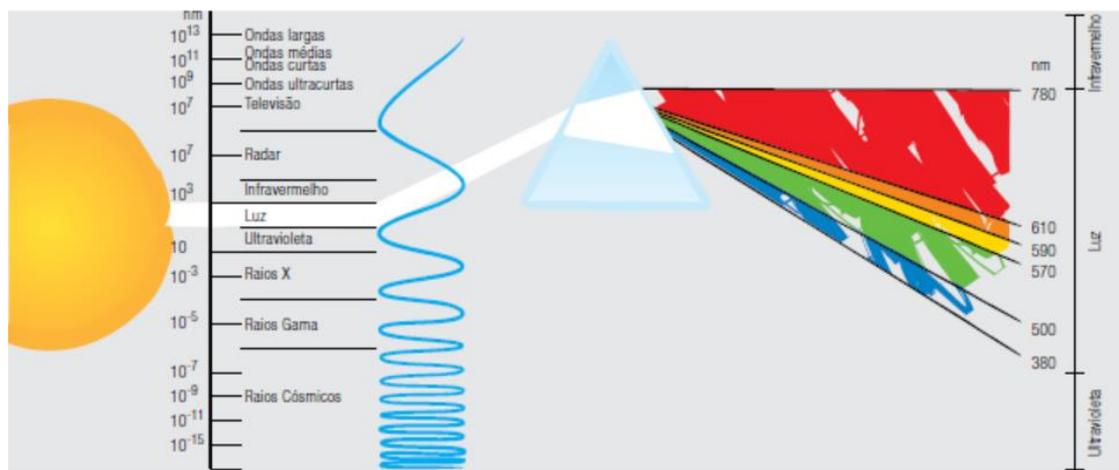
2 REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

2.1 Luz

São as radiações do espectro eletromagnético com comprimento de onda entre 380 e 760nm capazes de sensibilizar a retina humana e provocar a sensação luminosa.

A figura 1 mostra a distribuição das radiações dentro do espectro eletromagnético.

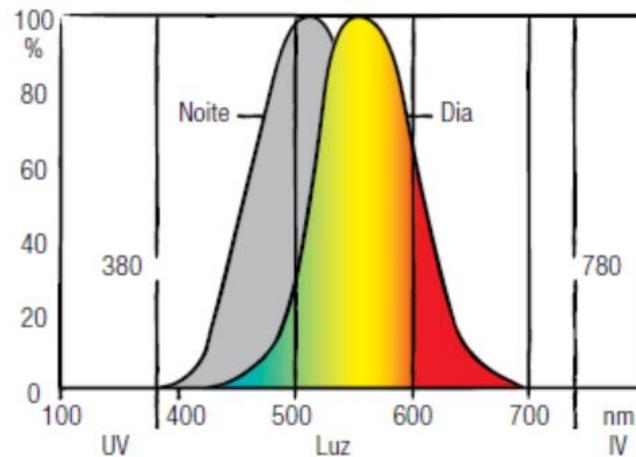
Figura 1 - Espectro Eletromagnético



Fonte: (OSRAM, 2014)

A Curva Internacional de Sensibilidade Espectral do Olho Humano (FIGURA 2) mostra que para diferentes comprimentos de onda das radiações o olho humano tem diferentes sensações de luminosidade. Assim, radiações de menor comprimento de onda (violeta e azul) geram maior intensidade de sensação luminosa e radiações de maior comprimento de onda (laranja e vermelho) se comportam ao contrário.

Figura 2 - Curva Internacional de Sensibilidade Espectral do Olho Humano



Fonte: (OSRAM, 2014)

2.2 Unidades e grandezas fotométricas

As principais grandezas são:

Fluxo Radiante –Potência Radiante (P):

É a potência emitida, transmitida ou recebida sob a forma de radiação. Unidade: Watt (W).

Fluxo Luminoso (ϕ):

É capacidade de um fluxo radiante de produzir um estímulo visual. Também pode ser definido como a quantidade de luz emitida por uma fonte de luz. Unidade: Lúmen (lm).

Eficiência Luminosa (η):

É dada pela razão entre fluxo luminoso (ϕ) e a potência absorvida (P). (MOREIRA, 1987)

$$\eta = \frac{\phi}{P}$$

Intensidade Luminosa (I):

É o fluxo luminoso irradiado na direção de um determinado ponto. Unidade: Candela (cd).

Iluminância – Nível de Iluminamento (E):

É a relação entre o fluxo luminoso incidente por unidade de área iluminada. Unidade: Lux (lx) = lm/m²

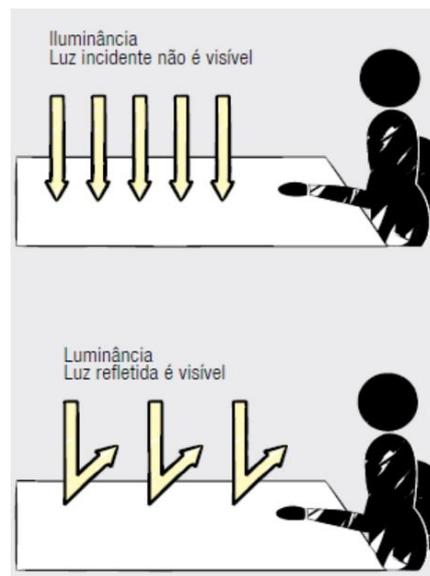
$$E = \frac{d\Phi}{dS}$$

Luminância (L):

Os raios luminosos não são visíveis, a menos que sejam refletidos por uma superfície. Assim, essa luminosidade refletida é chamada de luminância. Unidade: (cd/m²).

A figura 3 mostra um comparativo entre iluminância e luminância.

Figura 3 - Iluminância x Luminância



Fonte: (OSRAM, 2014)

Coeficiente de Reflexão (ρ):

É a relação entre o fluxo luminoso refletido (ϕ_r) e o fluxo luminoso incidente (ϕ).

$$\rho = \frac{\phi_r}{\phi}$$

Índice de Reprodução de Cores (IRC):

É uma escala qualitativa de 0 a 100 que indica a capacidade da luz artificial e incidente de reproduzir as cores tomando como referência as cores obtidas com a luz natural.

Ofuscamento:

Sensação visual resultante de contraste excessivo luminâncias. Pode ser *direto*, pela visão da fonte de luz ou *indireto*, pela reflexão da luz em uma superfície.

O ofuscamento pode ainda ser *perturbador* (deslumbramento), onde as tarefas podem ser realizadas, mas com desconforto ou *inibidor*, onde não é possível a realização das tarefas.

2.3 Diretrizes para o projeto de iluminação

Um ambiente deve ser bem iluminado para possibilitar o desempenho das atividades com conforto e segurança.

O conforto luminoso das edificações pode ser dividido em três níveis distintos: as condições do clima e do meio ambiente que, de certa forma, podem ser previsíveis, mas nem sempre controlados, as condições do projeto e construção das edificações e cidades, que podem e devem ser planejados de modo a se obter o melhor rendimento e as condições de conforto visual dos usuários que farão uso dos recursos disponibilizados para cada edificação.

Para que isso seja garantido, a norma NBR ISO CIE 8995-1 indica os principais parâmetros relacionados ao ambiente, às tarefas (tipo de atividade a ser desenvolvida) e ao usuário que devem ser observados na etapa de elaboração do projeto de iluminação.

Para o ambiente:

- distribuição da luminância,
- iluminância,
- ofuscamento,
- direcionalidade da luz,
- aspectos da cor da luz e superfícies,
- cintilação,
- luz natural,
- manutenção.

A tabela 3 mostra os requisitos de iluminância (E_m , lux), índice de ofuscamento unificado ($URGL$) e índice de reprodução de cor mínimo (IRC) recomendados para áreas gerais e para escritórios.

Tabela 3 - Requisitos de iluminação para os ambientes

TIPO DE AMBIENTE	TAREFA OU ATIVIDADE	E_m (lux)	UGR _L	IRC
ÁREAS GERAIS DA EDIFICAÇÃO	SAGUÃO DE ENTRADA	100	22	60
	SALA DE ESPERA	200	22	80
	ÁREAS DE CIRCULAÇÃO E CORREDORES	100	28	40
	ESCADAS, ESCADAS ROLANTES E ESTEIRAS ROLANTES	150	25	40
	RAMPAS DE CARREGAMENTO	150	25	40
	REFEITÓRIO / CANTINAS	200	22	80
	SALAS DE DESCANSO	100	22	80
	SALAS PARA EXERCÍCIOS FÍSICOS	300	22	80
	VESTIÁRIOS, BANHEIROS, TOALETES	200	25	80
	ENFERMARIA	500	19	80
	SALAS PARA ATENDIMENTO MÉDICO	500	16	90
ESCRITÓRIOS	ESTUFAS, SALA DOS DISJUNTORES	200	25	60
	ARQUIVAMENTO, CÓPIA, CIRCULAÇÃO, ETC.	300	19	80
	ESCREVER, TECLAR, LER, PROCESSAR DADOS	500	19	80
	DESENHO TÉCNICO	750	16	80
	ESTAÇÕES DE PROJETO ASSISTIDO POR COMPUTADOR	500	19	80
	SALAS DE REUNIÃO E CONFERÊNCIA	500	19	80
	RECEPÇÃO	300	22	80
	ARQUIVOS	200	25	80
REFEITÓRIO / CANTINAS	200	22	80	

Fonte: Adaptado de (ABNT, 2013)

Com relação às tarefas:

- tamanho do detalhe;
- forma do detalhe;
- cor e a refletância do detalhe e do fundo;
- tempo de duração das tarefas;
- cuidado requerido.

Com relação ao usuário:

- acuidade visual;
- percepção de profundidade;
- percepção da cor.

3 METODOLOGIA

3.1 Identificação do local

A partir do endereço da edificação será apresentada a sua localização geográfica e os dados climáticos e atmosféricos da cidade.

3.2 Características do edifício

As características externas do edifício foram apresentadas através de fotos, da descrição dos elementos que compõem as fachadas bem como suas posições em relação aos pontos cardeais.

As características internas do escritório foram apresentadas através de fotos e da descrição de cada ambiente:

- Nome do ambiente
- Atividade desenvolvida
- área
- altura do pé direito
- cores e refletâncias das paredes, pisos, tetos, portas e vidros
- potência elétrica das luminárias

3.3 Condições de conforto visual

As informações de conforto visual foram identificadas através de visita ao local onde foram observados:

- as luminárias e sua distribuição

- pontos de ofuscamento e sombreamento
- janelas

3.4 Medição do nível de iluminação artificial e natural

Os iluminamentos nos ambientes foram medidos através dos métodos de verificação determinados pela Normas Brasileiras ABNT NBR 5382/1985 – Verificação de Iluminância de Interiores e pela Norma Brasileira ABNT NBR 15215-4/2005, Iluminação Natural – Parte 4: Verificação Experimental das Condições de Iluminação Interna de Edificações – Método de Medição e comparados com os limites determinados na Norma Brasileira ABNT NBR SO/CIE 8995-1/2013 - Iluminação de Ambientes de Trabalho. As medições foram feitas utilizando um luxímetro digital modelo MLM-1010 de fabricação da empresa Minipa.

O Apêndice X apresenta um comparativo entre as normas ABNT NBR 5382/1985 e ABNT NBR15215-4/2005.

3.4.1 Iluminação artificial

A medição do iluminamento artificial foi feita segundo os métodos de verificação determinados pela norma ABNT NBR 5382/1985 – Verificação de Iluminância de Interiores.

A iluminância média nos escritórios de manutenção e implementação, e salas de reunião 1, 2 e 3, foi calculada segundo fórmula 1 e as leituras obtidas conforme a figura 4.

$$I_M = \frac{R(N-1)(M-1)+Q(N-1)+T(M-1)+P}{NM} \quad [1]$$

Onde:

N – número de luminárias por fila

M – número de filas

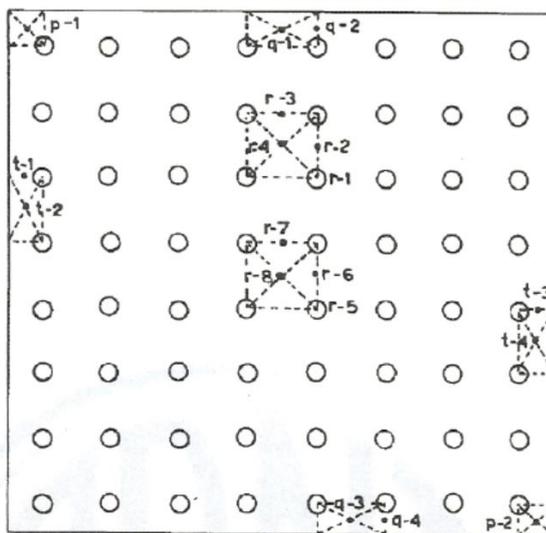
R – média aritmética das leituras r1, r2, r3, r4, r5, r6, r7 e r8

T- média aritmética das leituras t1, t2, t3 e t4

P – média aritmética de duas leituras p1 e p2

Q - média aritmética das leituras q1, q2, q3 e q4

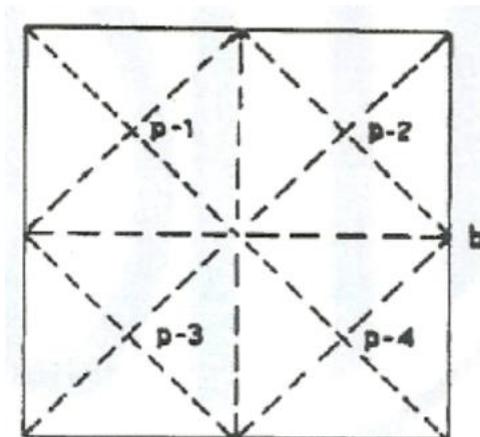
Figura 4 - Pontos de leitura em campo de trabalho regular



Fonte: (ABNT, 1985)

A iluminância média do banheiro para deficiente e da sala de ar condicionado 2 foi calculada segundo a média aritmética das leituras p1, p2, p3 e p4 obtidas conforme a figura 5.

Figura 5 - Pontos de leitura em campo de trabalho com uma luminária



Fonte: (ABNT, 1985)

As iluminâncias médias das salas de apoio, copa, banheiros masculino e feminino, corredor, arquivo e LAN foram calculadas segundo a fórmula 2 e as leituras obtidas conforme a figura 6.

$$I_M = \frac{Q(N-1)+P}{N} \quad [2]$$

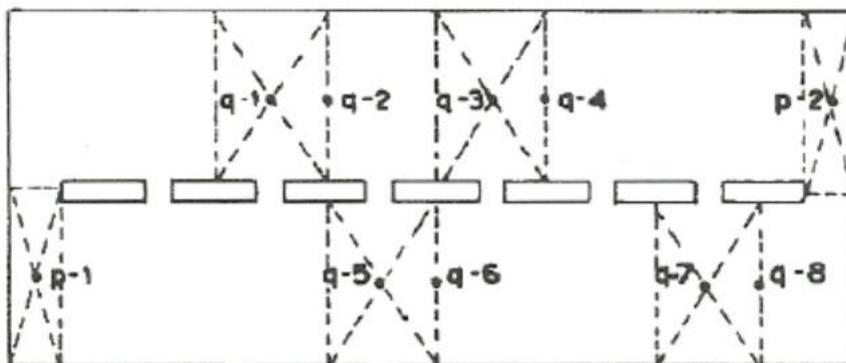
Onde:

N – número de luminárias por fila

P – média aritmética de duas leituras p1 e p2

Q - média aritmética das leituras q1, q2, q3, q4, q5, q6, q7 e q8

Figura 6 - Pontos de leitura em campo de trabalho com uma linha de luminárias



Fonte: (ABNT, 1985)

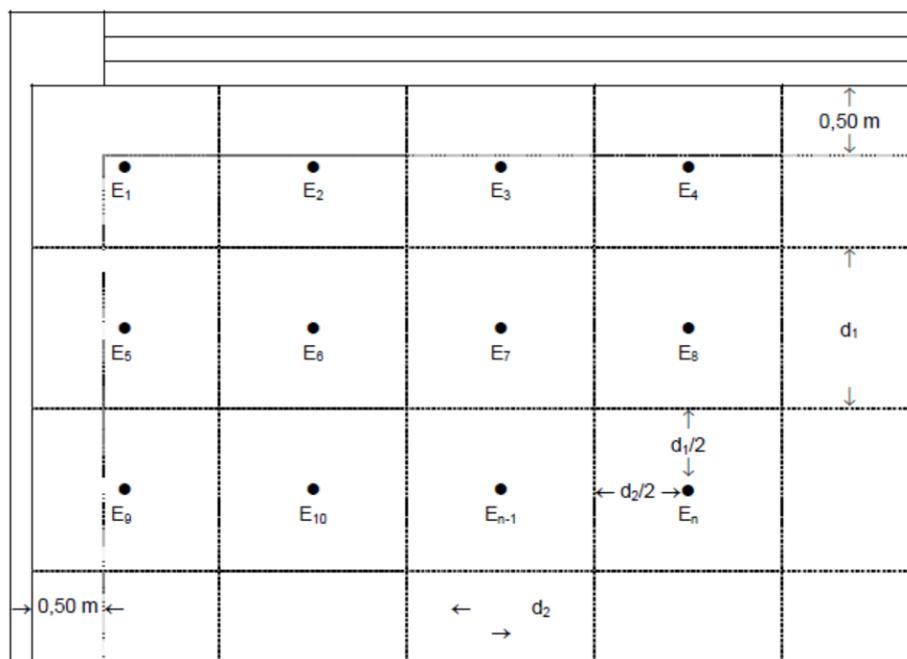
Na sala de Ar Condicionado 1 não foi possível fazer a medição devido à dificuldade de acesso no dia da medição, mas como as dimensões e a quantidade de luminárias são iguais à sala de Ar Condicionado 2, a iluminância média foi considerada a mesma.

3.4.2 Iluminação natural

A medição do iluminamento natural foi feita segundo o método de verificação determinado pela norma ABNT NBR 15215-4/2005, onde a iluminância média foi calculada pela média aritmética de todos os n pontos medidos no ambiente, conforme a equação 3 e a figura 7.

$$\bar{E} = \frac{E_1 + E_2 + \dots + E_n}{n} \quad [3]$$

Figura 7 - Malha de pontos para medição



Fonte: (ABNT, 2005b)

Para a medição da iluminação natural não houve preocupação em obter erros inferiores a 10%, assim o número de pontos medidos não seguiu os limites estabelecidos na norma.

3.5 Representação gráfica da medição da distribuição de luz natural e artificial

Os valores de iluminância obtidos nas medições foram transcritos para a planta baixa de modo a visualizar a distribuição da luz natural e artificial.

3.6 Simulação computacional

As simulações computacionais foram feitas utilizando o software DIALUX.

Através dele foi possível simular vários arranjos (distribuições) e configurações de luminárias (conjuntos de luminárias, lâmpadas e reatores), verificar a distribuição de

luz no espaço e determinar o nível médio de iluminamento da luz natural e artificial em cada uma das situações.

Os dados de entrada utilizados foram:

- planta arquitetônica em formato eletrônico *dwg*
- área
- altura do plano de uso
- pé direito
- localização geográfica
- cores e refletâncias dos vidros, paredes, tetos e pisos
- tipo de luminárias com suas respectivas lâmpadas, reatores e curvas fotométricas
- fator de manutenção

3.7 Cálculo da densidade de potência Instalada

A densidade de potência instalada foi calculada pela relação entre a potência instalada (em W) de cada ambiente e a sua respectiva área (em m²).

3.8 Seleção de lâmpadas, reatores e luminárias eficientes

3.8.1 Luminárias

Para os escritórios, salas de reunião 2 e 3 e sala de apoio 1, o modelo de luminária escolhido é o FAA20-E414, de fabricação da Lumicenter e que utiliza 4 lâmpadas T5 de 14W.

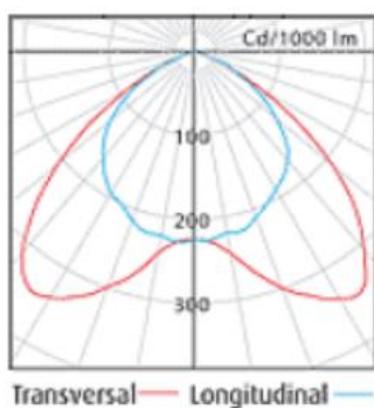
Para a sala de reunião 1 o modelo de luminária escolhido é o FAA04-E de fabricação da Lumicenter e que utiliza 4 lâmpadas T5 de 28W.

Para a sala de apoio 2 o modelo de luminária escolhido é o FAA04-E de fabricação da Lumicenter e que utiliza 2 lâmpadas T5 de 28W.

Os banheiros, sala de arquivo, sala de LAN, copa, circulação e salas de ar condicionado não tiveram as luminárias alteradas.

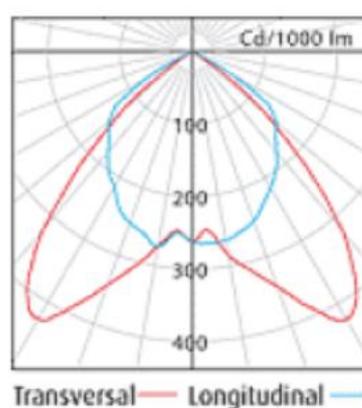
As figuras 4 e 5 mostram as curvas fotométricas das luminárias FAA20-414 e FAA04-E.

Figura 8 - Luminária FAA20-414



Fonte: (LUMICENTER, 2014)

Figura 9 - Luminária FAA04-E



Fonte: (LUMICENTER, 2014)

3.8.2 Lâmpadas

Para os escritórios, salas de reunião 2 e 3 e a sala de apoio 1 a lâmpada escolhida é a T5 de 14W, de fabricação da Sylvania.

Para a sala de reunião 1 e sala de apoio 2 a lâmpada escolhida é a T5 de 28W, de fabricação da Sylvania.

Os banheiros, circulação, sala de LAN, sala de arquivo e salas de ar condicionado não tiveram as lâmpadas alteradas.

As lâmpadas fluorescentes tubulares T5, de 14W e 28W possuem fluxo luminoso de 1350lm e 2900lm, respectivamente. Sua vida mediana é de 24.000 horas.

As tabelas 4 e 5 mostram as características técnicas das lâmpadas de 14W e 28W.

Tabela 4 - Fluorescente 14W

Tipo	Fluorescente
Potência (W)	14
Bulbo	T5
Fluxo Luminoso (lm)	1350
Rendimento (lm/W)	96
Temperatura de cor (K)	4000
IRC	85
Vida útil (h)	24000
Código	F8A081
Fabricante	Sylvania

Fonte: adaptado pelo autor

Tabela 5 - Fluorescente 28W

Tipo	Fluorescente
Potência (W)	28
Bulbo	T5
Fluxo Luminoso (lm)	2900
Rendimento (lm/W)	103
Temperatura de cor (K)	4000
IRC	85
Vida útil (h)	24000
Código	F8A084
Fabricante	Sylvania

Fonte: adaptado pelo autor

3.8.3 Reatores

Foram selecionados diversos modelos de reatores eletrônicos para as simulações de ligação das lâmpadas de 14W e 28W.

As tabelas 6 e 7 apresentam os modelos e suas principais características técnicas.

Tabela 6 - Reatores para lâmpadas de fluorescentes de 14W

CARACTERÍSTICAS	OPÇÃO 1	OPÇÃO 2	OPÇÃO 3
Potência (W)	34	31	30
Fator de Potência	0,99	0,95	0,98
THD (%)	5	-	
Lâmpadas	2x14W	2x14W	2x14W
Tensão de entrada (V)	100 a 250	220...240 V	198...264
Fator de Fluxo	1	1	1
Vida útil	-	>100.000	>50.000
Peso (g)	320	241	225
Temperatura (°C)	-	-20 °C to +50 °C	-20°...+50 °C
Modelo	LEB214	QTi 2X14/24/21/39 GII	QTP5 2x14/220- 240
Fabricante	Lumicenter	Osram	Osram

Fonte: adaptado pelo autor

Tabela 7 - Reatores para lâmpadas de fluorescentes de 28W

CARACTERÍSTICAS	OPÇÃO 1	OPÇÃO 2	OPÇÃO 3	OPÇÃO 4	OPÇÃO 5	OPÇÃO 6
Potência (W)	76	76	63	61	60	66
Fator de Potência	0,97	0,93	1		0,98	0,99
THD (%)	15	15	8	-	-	5
Lâmpadas	2x32W	2x32W	2x28W		2x28W	2x28W
Tensão de entrada (V)	127/220	127/220	100 a 240	220...240 V	198...264	100 a 250
Fator de Fluxo	1	0,9	1		1	1
Vida útil	35000	15000	-	>100.000	>50.000	-
Peso (g)	160	137	-		225	320
Temperatura (°C)	+10°C a +50°C	+10°C a +50°C	+10°C a +50°C	-20°...+50 °C	-20°...+50 °C	-
Modelo	Eco Master	Basic	RET 2.28 Hi-Tech	QTi 2X28/54/35/49 GII	QTP5 2x28/220- 240	LEB228
Fabricante	Philips	Philips	Trancil	Osram	Osram	Lumicenter

Fonte: adaptado pelo autor

3.9 Cálculo da nova densidade de potência para avaliação da eficiência energética das propostas

A partir das simulações, foi possível determinar a quantidade e melhor distribuição de luminárias por ambiente de maneira a atender aos limites mínimos determinados pela ABNT NBR SO/CIE 8995-1/2013.

De posse da nova quantidade de luminárias por ambiente e seguindo a mesma metodologia descrita no item 3.7, foi possível calcular as novas densidades de potência e avaliar a eficiência energética das propostas.

3.10 Seleção dos ambientes de estudo

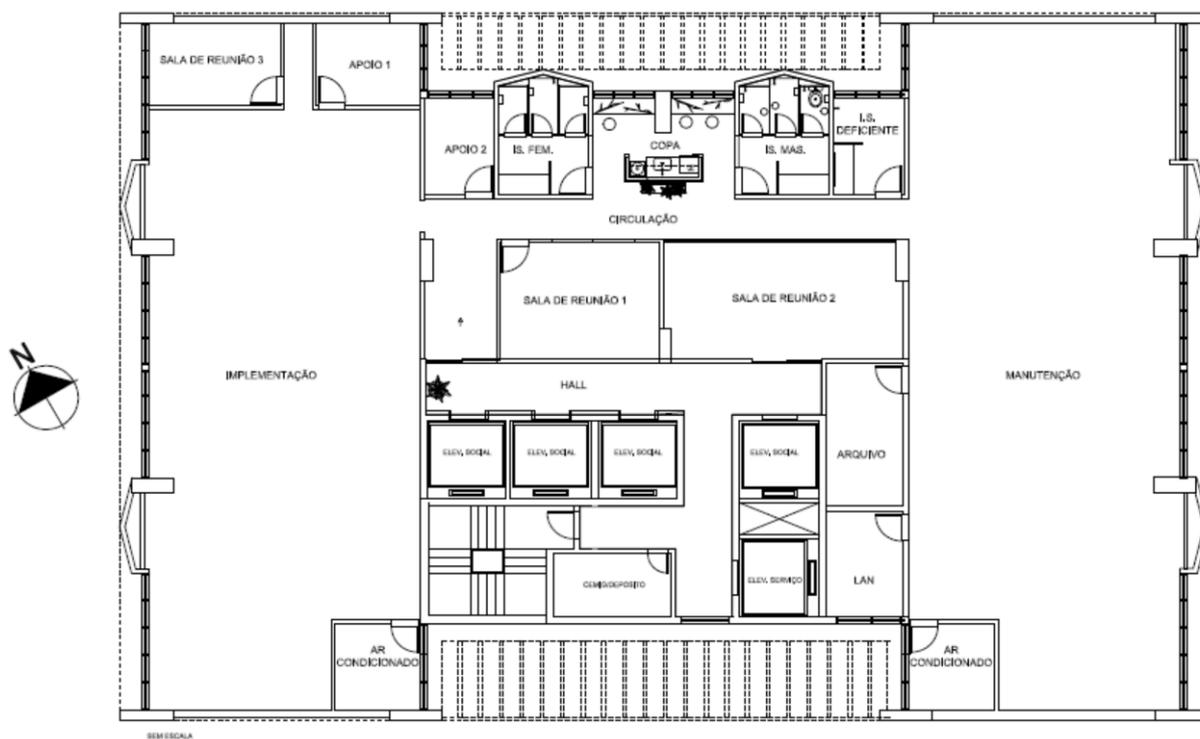
Os estudos foram focalizados nos ambientes com maior concentração de pessoas e com ocupação por maior período de tempo. Assim, por serem áreas de permanência temporária, os banheiros, salas de LAN, de arquivo e de ar condicionado, Copa e Circulação não foram consideradas nas simulações.

4 ESTUDO DE CASO

O caso proposto é um pavimento comercial de 438,65m² utilizado como escritório e distribuído em ambientes como indicado na figura 10.

A tabela 8 apresenta os ambientes com suas respectivas áreas e atividades padronizadas conforme o RTQ-C.

Figura 10 - Planta baixa do escritório



Fonte: Adaptado pelo autor, 2014

Tabela 8 - Ambientes

AMBIENTE	ATIVIDADE	ÁREA (m ²)	PÉ DIREITO (m)
Sala de Reunião 1	Escritório	15,79	2,4
Sala de Reunião 2	Escritório	23,42	2,4
Sala de Reunião 3	Escritório	9,39	2,4
Apoio 1	Escritório	7,44	2,4
Apoio 2	Escritório	5,88	2,4
Is. Feminino	Banheiros	8,63	2,4
Is. Masculino	Banheiros	8,63	2,4
Is. Deficiente	Banheiros	5,92	2,4
Escritório Manutenção	Escritório	153,81	2,4
Escritório Implementação	Escritório	134,04	2,4
LAN	Casa de Máquinas	7,0	2,4
Arquivo	Área de arquivamento	9,44	2,4
Ar Condicionado 1	Casa de Máquinas	6,41	2,4
Ar Condicionado 2	Casa de Máquinas	6,41	2,4
Copa	Cozinhas	12,41	2,4
Circulação	Circulação	24,03	2,4
Total		438,65	-

Fonte: Elaborado pelo autor, 2014.

O projeto das instalações elétricas foi elaborado em fevereiro de 1999 (ANEXO A), anteriormente à primeira publicação do RQT-C.

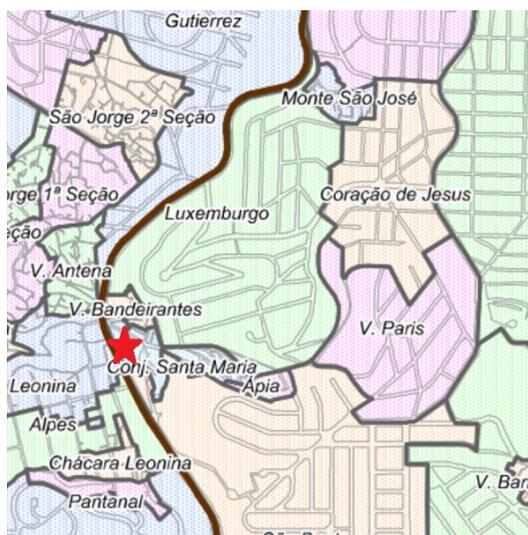
Sabe-se ainda que para atender à demanda das atividades da empresa, ocorreram várias mudanças no leiaute ao longo dos anos, mas não ocorreram mudanças significativas nas instalações elétricas, como observado na última versão do projeto de leiaute (ANEXO B).

4.1 Identificação do Local

O Escritório ocupa todo o 2º pavimento do edifício comercial Raja Hills que se situa à Avenida Raja Gabaglia, nº 1781, no bairro Conjunto Santa Maria, região centro-sul de Belo Horizonte, Minas Gerais.

A figura 11 mostra a localização do edifício na cidade.

Figura 11 - Mapa de localização do edifício



Fonte: (PBH, 2014)

Classificada dentro da zona bioclimática 3 (ABNT, 2005), a cidade de Belo Horizonte possui condições de céu predominantemente claro nos meses de junho, julho e agosto; janeiro, outubro, novembro e dezembro como meses de céu predominantemente encoberto; e fevereiro, março, abril, maio e setembro como meses de céu predominantemente parcialmente encoberto (FERREIRA & SOUZA, 2013).

A tabela 9 mostra os dados geográficos obtidos a partir do software Google Earth.

Tabela 9 - Dados Geográficos

Latitude	Longitude	Altitude
19°56'56,43"S	43°57'39,44" O	1030 m

Fonte: Google Earth, 2014

O quadro 1 mostra os dados climáticos e atmosféricos da cidade de Belo Horizonte.

Quadro 1 - Dados Climáticos e Atmosféricos

MÊS	TIPO DE CÉU	NEBULOSIDADE MÉDIA (DÉCIMOS)
Janeiro	Encoberto	7
Fevereiro	Parcialmente encoberto	6
Março	Parcialmente encoberto	6
Abril	Parcialmente encoberto	5
Maio	Parcialmente encoberto	4
Junho	Claro	4
Julho	Claro	3
Agosto	Claro	3
Setembro	Parcialmente encoberto	4
Outubro	Encoberto	6
Novembro	Encoberto	7
Dezembro	Encoberto	7

Fonte: Adaptado de (FERREIRA & SOUZA, 2013) e (BRASIL, 1992)

4.2 Características do Edifício

A fachada principal do edifício, mostrada na figura 12, está voltada para o noroeste. Nesta mesma vista encontram-se as janelas da sala denominada Escritório de Implementação, cuja área é de 134,04m² e da sala de Reunião 3, cuja área é de 9,39m². Na fachada sudoeste, mostrada na figura 13, encontram-se as janelas da sala denominada Escritório de Manutenção e sua área é a maior de todas com 153,81m².

Figura 12 - Fachada Noroeste



Fonte: Elaborado pelo autor, 2014.

Figura 13 - Vista Sudoeste



Fonte: Elaborado pelo autor, 2014.

Internamente, com exceção dos banheiros e salas de ar condicionado, todo o piso das salas e da Copa é revestido com piso vinílico na cor azul e as paredes são na cor predominante azul sereno (FIGURA 14). O teto é rebaixado a 2,40m com forro de aglomerado na cor branca (FIGURA 15).

Figura 14 – Detalhes do piso



Fonte: Elaborado pelo autor, 2014.

Figura 15 - Detalhe do teto



Fonte: Elaborado pelo autor, 2014.

Nos banheiros o piso é em granito preto (negro grafite), as paredes são revestidas com fórmica na cor branco creme e o teto rebaixado com forro de gesso é pintado na cor bege.

Todas as janelas externas são em alumínio com vidro fumê, protegidas contra incidência direta de raios solares através de persianas de alumínio pintadas na cor cinza claro.

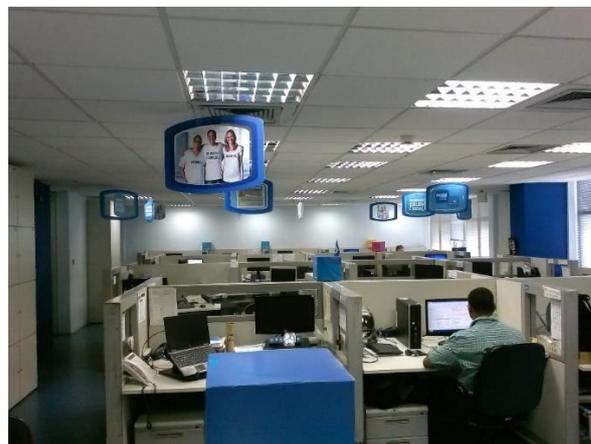
Os postos de trabalhos são compostos por baias na cor bege agrupadas paralelamente (FIGURA 16).

Figura 16 - Postos de trabalho



Fonte: Elaborado pelo autor, 2014.

Figura 17 - Iluminação



Fonte: Elaborado pelo autor, 2014.

A tabela 10 apresenta as cores e refletâncias dos ambientes.

Tabela 10 – Cores e refletâncias

AMBIENTE	CORES					REFLETÂNCIAS (%)						
	Piso	Paredes	Pilares	Parede Madeira	Teto	Piso	Paredes	Teto	Parede/Porta Madeira	Pilares	Vidro Interno	Vidro externo
Sala de Reunião 1	Azul	Azul Sereno	Azul Escuro	Branco Creme (9001)	Branco	20	-	80	77	6	6	-
Sala de Reunião 2	Azul	Azul Sereno	Azul Escuro	Branco Creme (9001)	Branco	20	-	80	77	6	6	-
Sala de Reunião 3	Azul	Azul Sereno	-	Branco Creme (9001)	Branco	20	72	80	77	-	6	10
Apoio 1	Azul	Azul Sereno	Azul Escuro	Branco Creme (9001)	Branco	20	72	80	77	6	-	10
Apoio 2	Azul	Azul Sereno	-	Branco Creme (9001)	Branco	20	72	80	77	-	-	10
Is. Feminino	Negro Grafite (9011)	Branco Creme (9001)	-	Branco Creme (9001)	Bege	5	77	70	77	-	-	-
Is. Masculino	Negro Grafite (9011)	Branco Creme (9001)	-	Branco Creme (9001)	Bege	5	77	70	77	-	-	-
Is. Deficiente	Negro Grafite (9011)	Branco Creme (9001)	-	Branco Creme (9001)	Bege	5	77	70	77	-	-	10
Escritório Manutenção	Azul	Azul Sereno	Azul Escuro	Branco Creme (9001)	Branco	20	72	80	77	6	-	10
Escritório Implementação	Azul	Azul Sereno	Azul Escuro	Branco Creme (9001)	Branco	20	72	80	77	6	6	10
LAN	Azul	Azul Sereno	-	Branco Creme (9001)	Branco	20	72	80	77	6	-	-
Arquivo	Azul	Azul Sereno	-	Branco Creme (9001)	Branco	20	72	80	77	6	-	-
Ar Condicionado 1	Cinzeno (7033)	Cinzeno (7033)	-	-	Cinzeno (7033)	27	24	24	-	-	-	10
Ar Condicionado 2	Cinzeno (7033)	Cinzeno (7033)	-	-	Cinzeno (7033)	27	24	24	-	-	-	10
Copa	Azul	Azul Sereno	Azul Escuro		Branco	20	72	80	77	6	-	10
Circulação	Azul	Azul Sereno	-	Branco Creme (9001)	Branco	20	72	80	77	-	6	-

Fonte: adaptado de (MOREIRA, 1987) e (DIAL, 2014).

A iluminação dos escritórios, salas de reunião, apoio, LAN, copa e arquivo é feita através de luminárias embutidas no teto, com aletas e quatro lâmpadas fluorescentes de 16W. A iluminação dos banheiros é feita através de luminárias embutidas no teto, com aletas e duas lâmpadas fluorescentes de 32W. As luminárias das salas de ar condicionado são aparentes, com aletas e duas lâmpadas fluorescentes de 32W. As luminárias da área de circulação são embutidas no forro com uma lâmpada fluorescente compacta de 26W.

A distribuição atual das luminárias nos ambientes é mostrada na figura 18.

Figura 18 – Distribuição atual das luminárias



Fonte: Elaborado pelo autor

A tabela 11 mostra os dados de potência de iluminação instalada em cada ambiente.

Tabela 11 - Potência de iluminação

AMBIENTE	ATIVIDADE	QUANTIDADE DE LUMINÁRIAS			POTÊNCIA TOTAL (W)
		4x16W (70W)	2 x 32W (58W)	1 X 26W (26W)	
Sala de Reunião 1	Escritório	5			350
Sala de Reunião 2	Escritório	6			420
Sala de Reunião 3	Escritório	6			420
Apoio 1	Escritório	2			140
Apoio 2	Escritório	1			70
Is. Feminino	Banheiros		2		116
Is. Masculino	Banheiros		2		116
Is. Deficiente	Banheiros		1		58
Escritório Manutenção	Escritório	34			2.380
Escritório Implementação	Escritório	27			1.890
LAN	Casa de Máquinas	2			140
Arquivo	Área de arquivamento	2			140
Ar Condicionado 1	Casa de Máquinas		1		58
Ar Condicionado 2	Casa de Máquinas		1		58
Copa	Cozinhas	2			140
Circulação	Circulação			7	182
Total		87	7	7	6.678

Fonte: Elaborado pelo autor, 2014.

A potência total de iluminação instalada no pavimento é de 6.678W, sendo que nos escritórios de Implementação e de Manutenção estão 63,94% dessa potência.

As figuras 19 e 20 mostram o reator¹ cuja dissipação é 35W, quando ligado em 220V e a lâmpada fluorescente de 16W utilizados atualmente.

¹ Catálogo do fabricante não localizado

Figura 19 – Reator eletrônico para duas lâmpadas de 16W



Fonte: Elaborado pelo autor, 2014.

Figura 20 - Lâmpada fluorescente de 16W



Fonte: Elaborado pelo autor, 2014.

As figuras 21 e 22 mostram o reator² cuja dissipação é de 58W, quando ligado em 220V e lâmpada fluorescente de 32W utilizados atualmente.

Figura 21 - Reator eletrônico para duas lâmpadas de 32W



Fonte: Elaborado pelo autor, 2014.

Figura 22 - Lâmpada fluorescente de 32W



Fonte: Elaborado pelo autor, 2014.

O anexo C traz os dados das lâmpadas fluorescentes de 16W e 32W retirados do catálogo da Sylvania.

² Catálogo do Fabricante não localizado

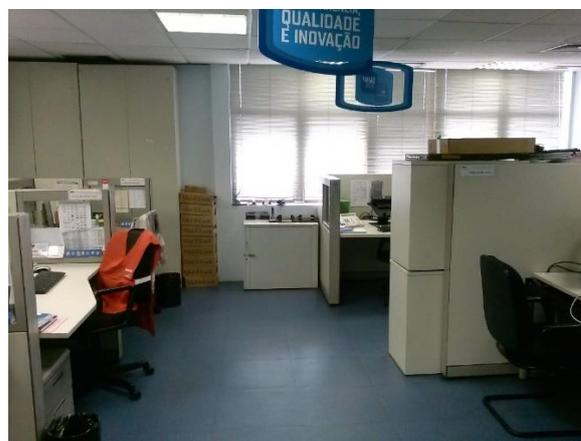
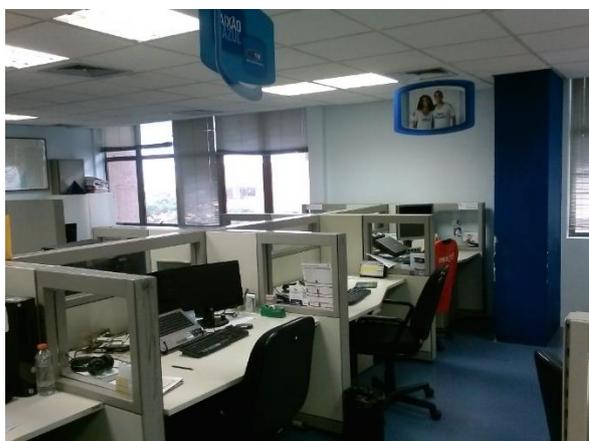
4.3 Condições de Conforto visual

As condições de conforto visual foram identificadas através de visita ao local, onde foi possível identificar que a toda iluminação artificial dos escritórios da Implementação e Manutenção, Sala de Reunião 3, salas de apoio 1 e 2, Circulação e Copa fica permanentemente ligada, mesmo que existam poucas pessoas trabalhando no local (FIGURA 17).

Foi observado também que as luminárias dos escritórios da Implementação e da Manutenção não estão uniformemente distribuídas sobre os postos de trabalho, criando locais com sombreamento (FIGURA 17) e locais com concentração de luz (FIGURA 23).

Figura 23 - Distribuição irregular de luminárias

Figura 24 - Uso de persianas fechadas



Fonte: Elaborado pelo autor, 2014.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2014.

O uso da iluminação natural não é uma unanimidade, pois foram identificadas persianas semiabertas, totalmente fechadas, e outras totalmente abertas (FIGURAS 23, 24 e 25).

Figura 25 - Uso de persianas abertas



Fonte: Elaborado pelo autor, 2014.

Figura 26 - Janela aberta com ar cond. ligado

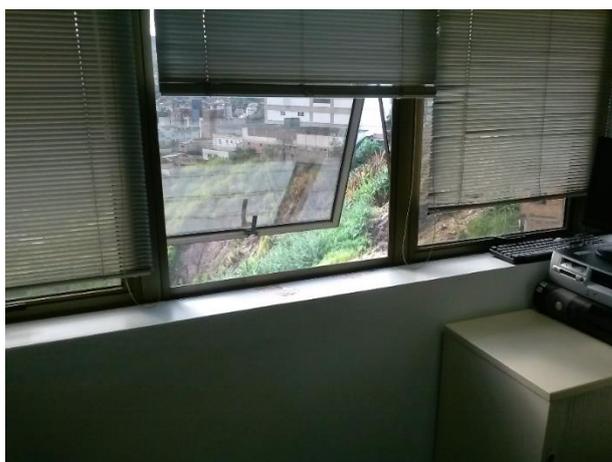


Fonte: Elaborado pelo autor, 2014.

Supõe-se que o sistema de ar condicionado não atende o ambiente, porque algumas janelas ficam permanentemente abertas (FIGURAS 26 e 27) durante o expediente de trabalho.

Foi observado que no escritório de Implementação, nas salas de LAN, Arquivo, Reunião 1 e no escritório de Manutenção existem luminárias apagadas na condição de defeito (FIGURA 28).

Figura 27 - Janela aberta com ar cond. ligado



Fonte: Elaborado pelo autor, 2014.

Figura 28 - Luminária apagada por defeito



Fonte: Elaborado pelo autor, 2014.

As paredes e o teto em cores predominantemente claras são uma característica do local e trazem certo conforto visual.

Como indicado em amarelo na figura 29, foi constatado que a iluminação do escritório de implementação, da sala de reunião 3 e da sala de apoio 1 são comandadas de um único ponto, que fica dentro do escritório de implementação. Indicado em vermelho estão os comandos agrupados da iluminação da circulação e da sala de apoio 2.

Figura 29 - Interligação de interruptores



Fonte: Elaborado pelo autor, 2014.

Com exceção das salas de ar condicionado, todas as luminárias são embutidas no forro. As luminárias para lâmpadas tubulares possuem aletas para reduzir o ofuscamento.

4.4 Medição do nível de iluminação artificial e natural

A tabela 12 apresenta os resultados das medições de iluminação artificial e natural.

Tabela 12 - Medições Iluminamento

AMBIENTE	REFERÊNCIA	MEDIÇÕES	
	NBR8995/2013	NBR5382/1985	NBR 15215-4/2005
	(LUX)	(LUX)	(LUX)
Sala de Reunião 1	500	317	-
Sala de Reunião 2	500	458	-
Sala de Reunião 3	500	475	275
Apoio 1	500	442	101
Apoio 2	500	195	40
Is. Feminino	200	465	-
Is. Masculino	200	417	-
Is. Deficiente	200	449	205
Escritório Manutenção	500	440	123
Escritório Implementação	500	369	107
LAN	100	599	-
Arquivo	200	113	-
Ar Condicionado 1	100	-	-
Ar Condicionado 2	100	461	100
Copa	200	218	212
Circulação	100	47	-

Fonte: Elaborado pelo autor, 2014.

4.5 Representação gráfica da medição da distribuição de luz natural e artificial

As figuras 30 e 31 apresentam a representação gráfica das medições de iluminamento artificial e natural, respectivamente.

Figura 30- Iluminação artificial - Valores medidos



Fonte: Elaborado pelo autor, 2014.

Figura 31 - Iluminação natural - Valores medidos



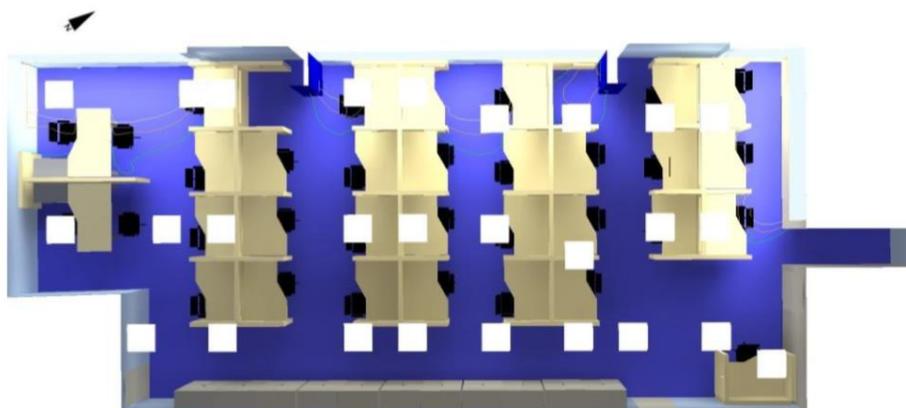
Fonte: Elaborado pelo autor, 2014.

4.6 Simulação computacional

4.6.1 Simulação computacional da iluminação natural

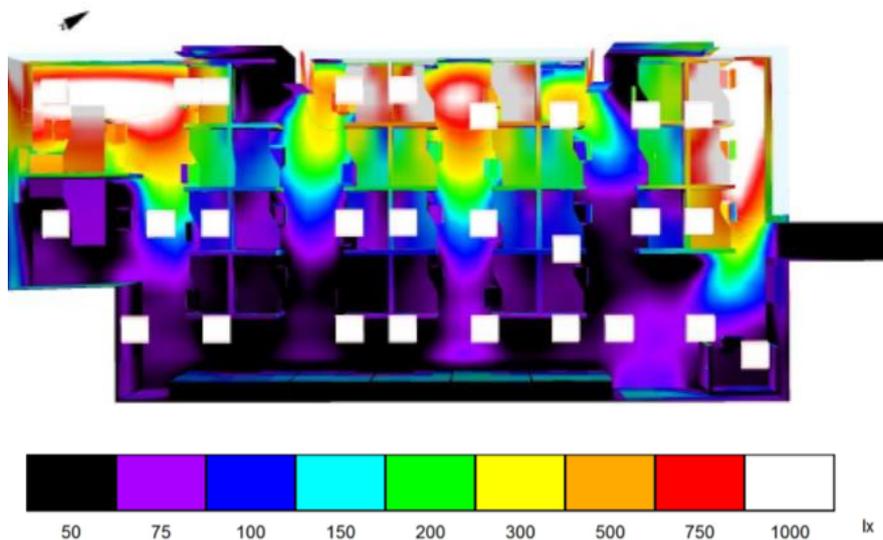
As figuras 32, 33, 34 e 35 mostram a iluminação natural nos escritórios de implementação e manutenção obtidas através de simulação computacional no Software Dialux (DIAL, 2014) e considerando como referência o dia 22 de dezembro, que representa o solstício de verão.

Figura 32 - Iluminação Natural - Escritório da Implementação



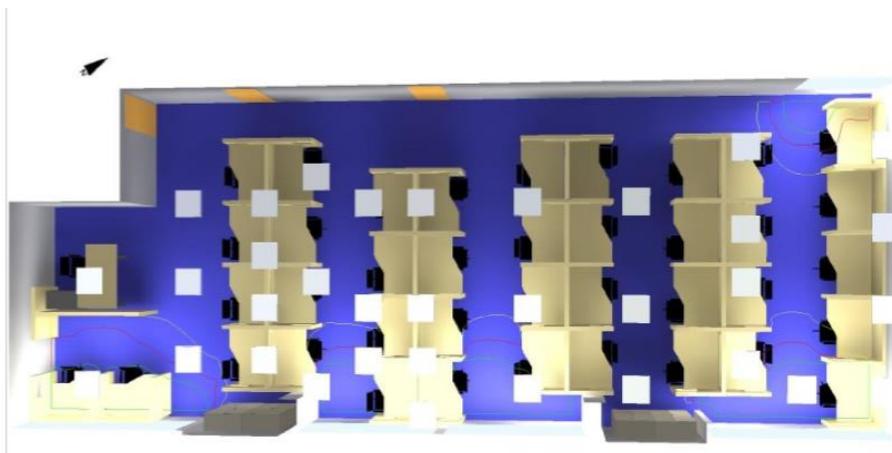
Fonte: Elaborado pelo autor, 2014.

Figura 33 - Iluminação Natural - Escritório de Implementação - Cores falsas



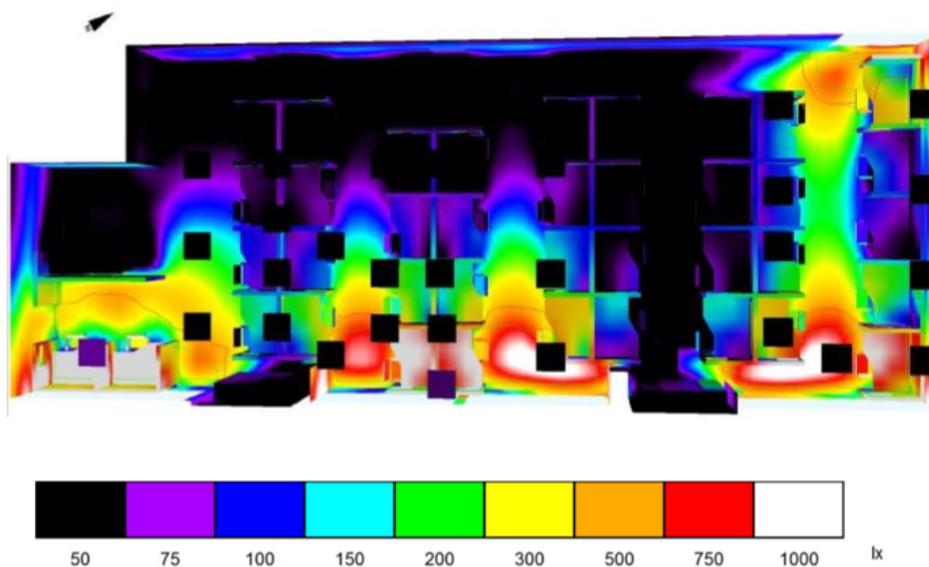
Fonte: Elaborado pelo autor, 2014.

Figura 34 - Iluminação Natural - Escritório da Manutenção



Fonte: Elaborado pelo autor, 2014.

Figura 35 - Iluminação Natural - Escritório de Manutenção - Cores falsas



Fonte: Elaborado pelo autor, 2014.

Comparando as linhas isográficas mostradas na figura 31 com as linhas obtidas a partir das simulações das figuras 32 e 34, nota-se que há uma grande similaridade.

Pelas representações de cores falsas mostradas nas figuras 33 e 35 nota-se que os postos de trabalho próximos às janelas recebem incidência direta da luz solar e necessitam de barreira física, conforme evidenciado na visita ao local.

4.6.2 Simulação computacional da iluminação artificial

As simulações da iluminação artificial serão apresentadas no estudo de adequação do RTQ-C.

4.7 Verificação do RTQ-C

A avaliação do sistema de iluminação do escritório segundo os requisitos técnicos da qualidade para o nível de eficiência energética será feita através do Método das Atividades, onde cada ambiente será avaliado individualmente.

Serão excluídas da avaliação as áreas do hall dos elevadores e da escada, que pertencem ao condomínio.

4.7.1 Desenvolvimento do Método

Para o desenvolvimento do método, foram seguidas as etapas:

- a. **Identificação das atividades**, segundo a tabela 4.2 do RTQ-C;
- b. **Cálculo da potência de Iluminação**, em W, de cada ambiente, obtida através da soma da dissipação dos reatores e das potências das lâmpadas de cada ambiente;
- c. **Cálculo da potência de iluminação total**, em W, do escritório, obtida através da soma da dissipação dos reatores e das potências das lâmpadas, em W, de todos os ambientes;
- d. **Identificação da área**, em m^2 , de cada ambiente, obtido através da multiplicação da largura, em m, pelo comprimento, em m, de cada ambiente;
- e. **Identificação da Densidade de Potência de Iluminação Limite**, em W/m^2 , para cada atividade, segundo a tabela 4.2 do RTQ-C;
- f. **Cálculo da Potência de Iluminação Limite para cada ambiente**, em W, obtida através da multiplicação da área (m^2) pela Densidade de Potência de Iluminação Limite para cada atividade em cada nível classificação, dada em W/m^2 ;

- g. **Identificação da classificação prévia de cada ambiente**, obtida através da comparação da Densidade de Potência de iluminação, em W/m^2 , para cada ambiente com a Densidade de Potência de Iluminação Limite, em W/m^2 , da tabela 4.2 do RTQ-C;
- h. **Identificação do equivalente numérico (EqNum) do sistema de iluminação**, obtido através da comparação da Potência Total de Iluminação do pavimento, em W, com o somatório das Potências de Iluminação Limite, em W, de todos os ambientes para cada nível de classificação;
- i. **Aplicação dos pré-requisitos de Divisão de Circuitos, Contribuição da Luz Natural e Desligamento Automático para cada ambiente**, onde os ambientes que não atenderem ao pré-requisito de Divisão de Circuitos podem obter, no máximo, a classificação D, os ambientes que não atenderem ao pré-requisito de Contribuição da Luz Natural podem obter, no máximo, a classificação C e os ambientes que não atenderem ao pré-requisito de Desligamento Automático podem obter, no máximo, a classificação B;
- j. **Identificação da classificação final para cada ambiente**, obtida através da comparação da classificação prévia com a classificação após a aplicação dos pré-requisitos e escolhendo a de menor valor;
- k. **Cálculo do EqNum final do escritório**, obtido através da razão entre a soma das potências de iluminação ponderadas e não ponderadas pelos pré-requisitos e a potência total de iluminação do escritório;
- l. **Determinação da classificação final do escritório**, através da comparação do EqNum final com a tabela de classificação geral do RTQ-C (TABELA 13).

Tabela 13 - Classificação Geral

CLASSIFICAÇÃO FINAL	PONTUAÇÃO
A	$\geq 4,5$ a 5
B	$\geq 3,5$ a $< 4,5$
C	$\geq 2,5$ a $< 3,5$
D	$\geq 1,5$ a $< 2,5$
E	$< 1,5$

Fonte: RTQ-C, 2013.

4.7.2 Classificação atual

A figura 36 e a tabela 14 ilustram a classificação atual do escritório segundo o RTQ-C.

Figura 36 - Classificação inicial do escritório



CLASSIFICAÇÃO PROCEL: C

Fonte: Elaborado pelo autor, 2014.

Tabela 14 - Classificação inicial do Escritório

AMBIENTE	ATIVIDADE	TIPO DE LUMINÁRIAS			POTÊNCIA TOTAL (W)	ÁREA (m ²)	DENSIDADE DE POTÊNCIA DE ILUMINAÇÃO LIMITE ⁽³⁾				POTÊNCIA DE ILUMINAÇÃO LIMITE				DPI CALCULADO (W/m ²)	CLASS. PRÉVIA	PRÉ-REQUISITOS			POTÊNCIA (W)		CLASS. FINAL	CLASS. FINAL	
		4x16W (70W) ⁽¹⁾	2 x 32W (58W) ⁽¹⁾	1 x 26W (26W) ⁽²⁾			DPI - Nível A (W/m ²)	DPI - Nível B (W/m ²)	DPI - Nível C (W/m ²)	DPI - Nível D (W/m ²)	PIL - Nível A (W)	PIL - Nível B (W)	PIL - Nível C (W)	PIL - Nível D (W)			DIVISÃO DE CIRCUITOS	CONT. LUZ NATURAL	DESLIGAMENTO AUTOMÁTICO	CLASSIFICAÇÃO MÁXIMA POSSÍVEL COM OS PRÉ-REQUISITOS	PONDERADA PELOS PRÉ-REQUISITOS			NÃO PONDERADA PELOS PRÉ-REQUISITOS
Sala de Reunião 1	Escritório	5			350	15,79	11,9	14,28	16,66	19,04	187,90	225,48	263,06	300,64	22,17	E	SIM	N/A	N/A		-	1050	E	C
Sala de Reunião 2	Escritório	6			420	23,42	11,9	14,28	16,66	19,04	278,70	334,44	390,18	445,92	17,93	D	SIM	N/A	N/A		-	1260	D	
Sala de Reunião 3	Escritório	6			420	9,39	11,9	14,28	16,66	19,04	111,74	134,09	156,44	178,79	44,73	E	NÃO	NÃO	N/A	D	840	-	E	
Apoio 1	Escritório	2			140	7,44	11,9	14,28	16,66	19,04	88,54	106,24	123,95	141,66	18,82	D	NÃO	NÃO	N/A	D	280	-	D	
Apoio 2	Escritório	1			70	5,88	11,9	14,28	16,66	19,04	69,97	83,97	97,96	111,96	11,90	B	NÃO	NÃO	N/A	D	140	-	D	
Is. Feminino	Banheiros		2		116	8,63	5	6	7	8	43,15	51,78	60,41	69,04	13,44	E	SIM	N/A	N/A		-	348	E	
Is. Masculino	Banheiros		2		116	8,63	5	6	7	8	43,15	51,78	60,41	69,04	13,44	E	SIM	N/A	N/A		-	348	E	
Is. Deficiente	Banheiros		1		58	5,92	5	6	7	8	29,60	35,52	41,44	47,36	9,80	E	SIM	N/A	N/A		-	174	E	
Escritório Manutenção	Escritório	34			2380	153,81	11,9	14,28	16,66	19,04	1830,34	2196,41	2562,47	2928,54	15,47	C	SIM	NÃO	N/A	C	7140	-	C	
Escritório Implementação	Escritório	27			1890	134,04	11,9	14,28	16,66	19,04	1595,08	1914,09	2233,11	2552,12	14,10	B	NÃO	NÃO	N/A	D	3780	-	D	
LAN	Casa de Máquinas	2			140	7,0	6	7,2	8,4	9,6	42,00	50,40	58,80	67,20	20,00	E	SIM	NÃO	N/A	C	420	-	E	
Arquivo	Área de arquivamento	2			140	9,44	7,8	9,36	10,92	12,48	73,63	88,36	103,08	117,81	14,83	E	SIM	N/A	N/A		-	420	E	
Ar Condicionado 1	Casa de Máquinas		1		58	6,41	6	7,2	8,4	9,6	38,46	46,15	53,84	61,54	9,05	D	SIM	N/A	N/A		-	174	D	
Ar Condicionado 2	Casa de Máquinas		1		58	6,41	6	7,2	8,4	9,6	38,46	46,15	53,84	61,54	9,05	D	SIM	N/A	N/A		-	174	D	
Copa	Cozinhas	2			140	12,41	10,7	12,84	14,98	17,12	132,79	159,34	185,90	212,46	11,28	B	SIM	N/A	N/A		-	420	B	
Circulação	Circulação			7	182	24,03	7,1	8,52	9,94	11,36	170,61	204,74	238,86	272,98	7,57	B	NÃO	N/A	N/A	D	364	-	D	
Total		87	7	7	6678	438,65	-	-	-	-	4774,12	5728,94	6683,76	7638,58	-	C	-	-	-	-	12964	4368	-	
EqNum																3								

(1) - Potência registrada nos reatores

(2) - Potência registrada na lâmpada

(3) - Fonte: RTQ-C, 2009

Legenda:

	- Classificação A
	- Classificação B
	- Classificação C
	- Classificação D
	- Classificação E

Fonte: Elaborado pelo autor, 2014.

4.7.3 Análise dos dados

A classificação prévia foi C, já que a pontuação do EqNum prévio foi de 3.

O EqNum prévio teve pontuação de 3, contra 2,60 do EqNum final. Entretanto a classificação final não foi alterada, já que a classificação C abrange a faixa de pontuação maior ou igual a 2,5 e menor do que 3,5 (TABELA 13).

As salas de reunião 1 e 3, os banheiros e as salas de LAN e arquivo receberam a classificação final E porque já haviam recebido a classificação prévia E.

Os ambientes sala apoio 1, apoio 2, escritório de implementação e circulação não atenderam ao pré-requisito de divisão de circuitos, logo receberam a classificação D.

O escritório de manutenção teve mantida a classificação prévia C por não atender ao pré-requisito de contribuição de luz natural.

O ambiente da copa não teve a classificação final alterada porque atendeu a todos os pré-requisitos. Coincidentemente foi o único ambiente que atendeu aos índices de iluminação recomendados pela NBR SO/CIE 8995-1/2013.

4.8 Análise Crítica

Sendo a eficiência luminosa de uma fonte (η) dada pela razão entre o fluxo luminoso total emitido pela fonte (\emptyset) e a potência elétrica consumida (P)(Moreira, 1987):

$$\eta = \frac{\emptyset}{P} \quad e$$

a densidade de potência de iluminação (DPI) dada pela razão entre o somatório da potência (P) das lâmpadas com as perdas (p) nos reatores e a área (m^2) de um ambiente:

$$DPI = \frac{(P+p)}{m^2}$$

Pode-se dizer que a maior eficiência energética é alcançada quando o fluxo luminoso é máximo e a potência elétrica consumida é mínima.

4.9 Propostas de Melhoria

A partir do software Dialux foram testadas diversas situações considerando a substituição das luminárias e das lâmpadas existentes por outras de melhor eficiência e a substituição dos reatores por outros de menores perdas.

As simulações foram feitas considerando a utilização exclusiva de lâmpadas fluorescentes de 14 e 28W em luminárias embutidas no forro. Outros resultados podem ser obtidos se for considerado o uso de iluminação dedicada sobre os postos de trabalho ou outros tipos de lâmpadas e valores de potência.

Para melhor embasamento do estudo, foram simuladas as situações atuais e propostas de melhorias.

4.9.1 Escritório de Implementação

4.9.1.1 Situação Atual

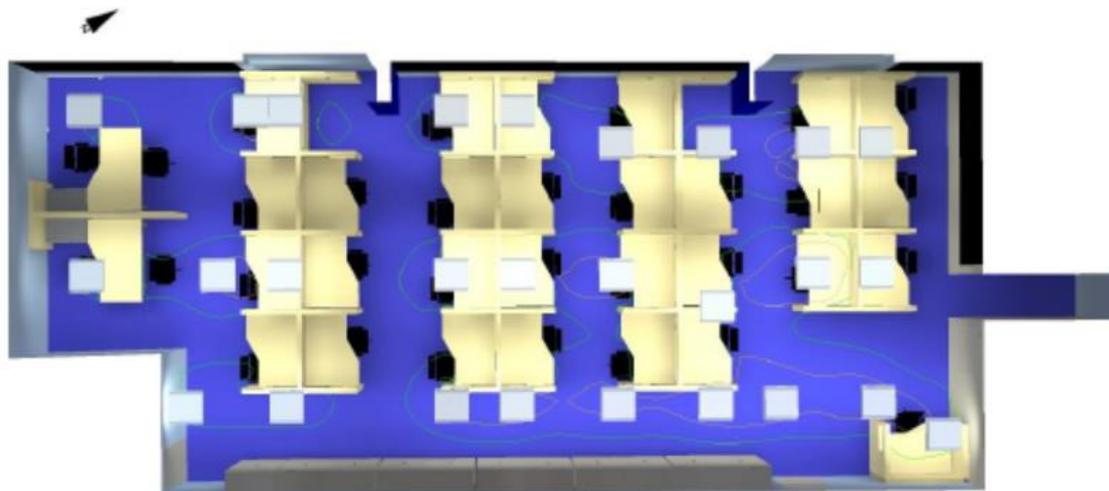
Na situação atual há 27 luminárias de embutir, modelo CAA01-E416, de fabricação da Lumicenter, instaladas cada uma, com 4 lâmpadas de 16W e dois reatores com dissipação de 35W para o acionamento de 2 lâmpadas.

Os dados do reator, da lâmpada e da luminária estão na figura 19 e anexos C e D, respectivamente. O resumo do cálculo luminotécnico está no apêndice A.

A figura 37 apresenta a simulação da distribuição atual. Nesta configuração é possível identificar que a distribuição irregular das luminárias provoca a concentração de luz em alguns pontos e áreas de sombreamento em outros.

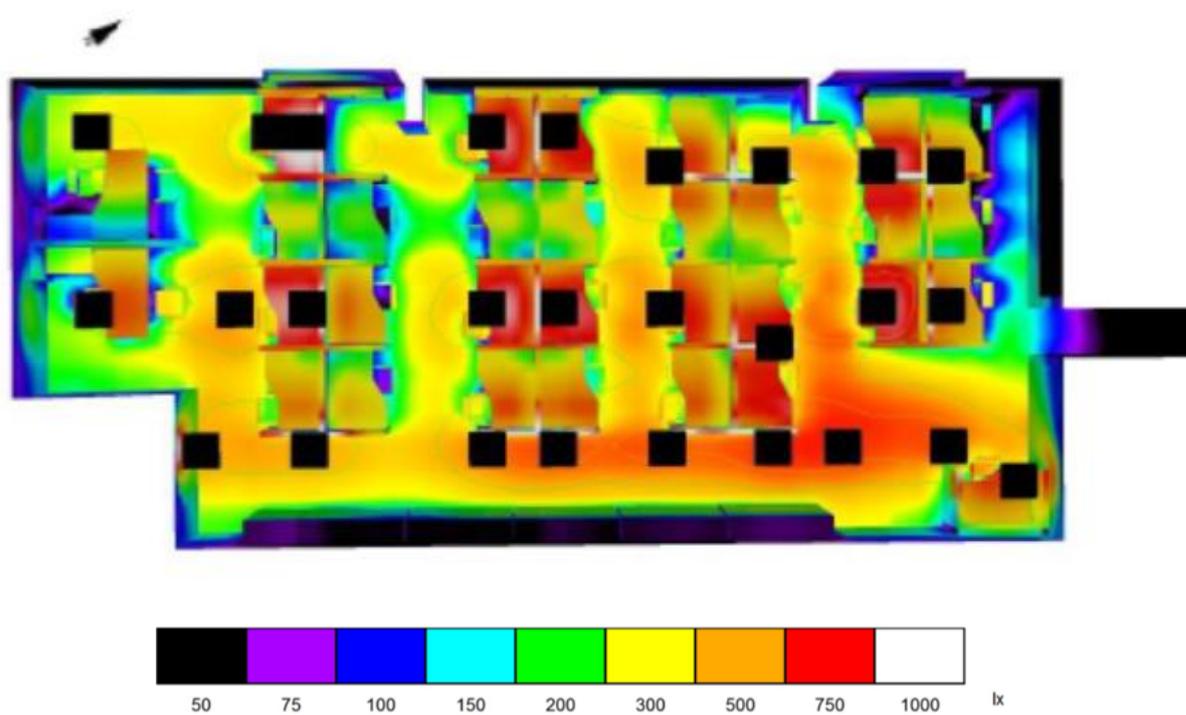
A figura 38 mostra a representação de cores falsas, onde é possível confirmar que os postos de trabalho estão com uma distribuição irregular de iluminância. A iluminância média calculada foi de 461lux.

Figura 37 - Implementação - Atual



Fonte: Elaborado pelo autor, 2014.

Figura 38 – Implementação – Atual - Representação de cores falsas



Fonte: Elaborado pelo autor, 2014.

4.9.1.2 Opção 1 de melhoria

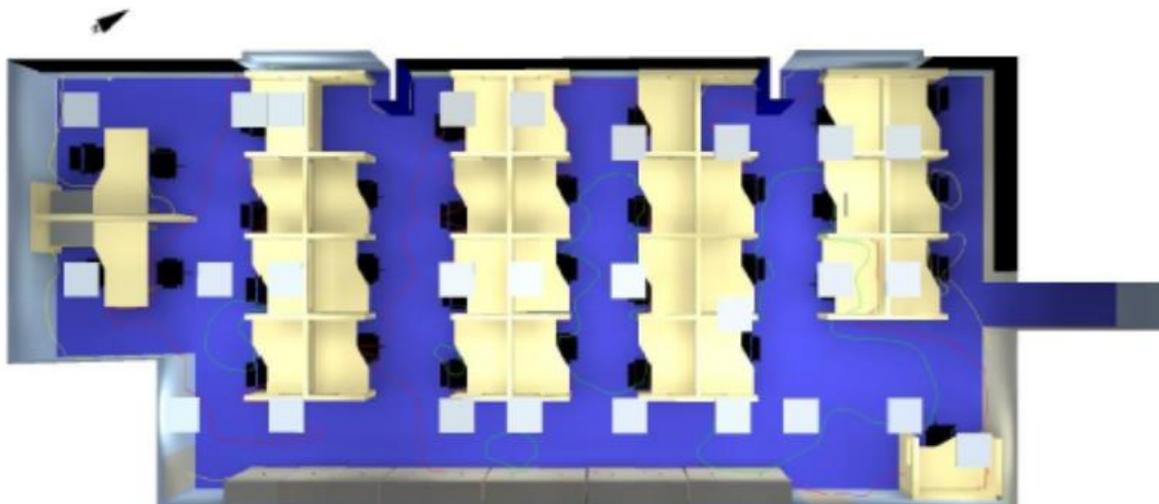
Na opção 1 foi proposta a substituição de todas as luminárias do ambiente por outra de melhor eficiência e mantendo a mesma distribuição no teto. O modelo de luminária utilizado é o FAA20-E414, de fabricação da Lumicenter, instalada com 4 lâmpadas de 14W e reatores com dissipação de 34W para o acionamento de 2 lâmpadas.

Os dados da lâmpada, do reator e da luminária estão nas tabelas 4 e 6 e Anexo E, respectivamente. O resumo do cálculo luminotécnico está no apêndice B.

A figura 39 apresenta a simulação desta distribuição e é possível notar que houve redução significativa dos pontos de sombreamento.

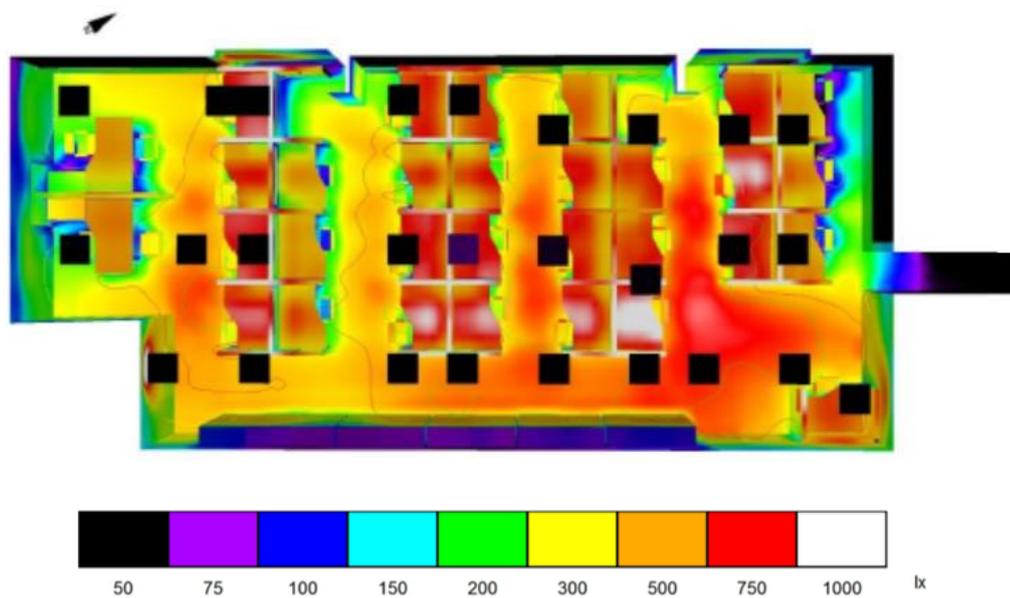
A figura 40 mostra a representação de cores falsas, onde é possível confirmar uma melhora na distribuição da iluminância. Nesta configuração a iluminância média é de 567lux.

Figura 39 - Implementação - Opção 1



Fonte: Elaborado pelo autor, 2014.

Figura 40 - Implementação - Opção 1 - Representação de cores falsas



Fonte: Elaborado pelo autor, 2014.

4.9.1.3 Opção 2 de melhoria

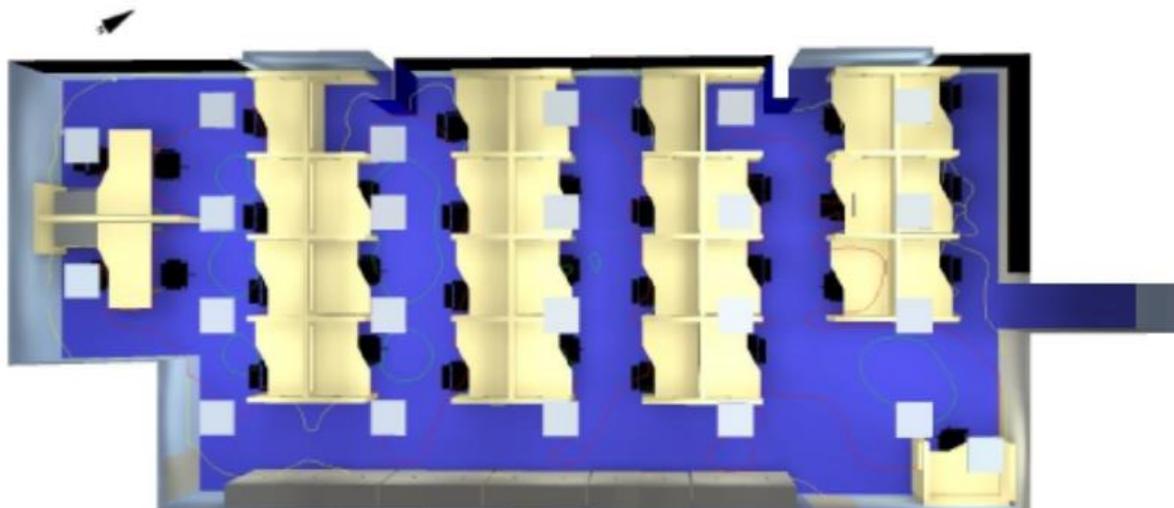
Na opção 2 foi proposta a redução para 23 luminárias do modelo FAA20-E414.

Os dados da lâmpada, do reator e da luminária estão nas tabelas 4 e 6 e Anexo E, respectivamente. O resumo do cálculo luminotécnico está no apêndice C.

A figura 41 apresenta a simulação da distribuição. Nesta configuração é possível identificar que a redistribuição das luminárias provocou uma melhora considerável na iluminação.

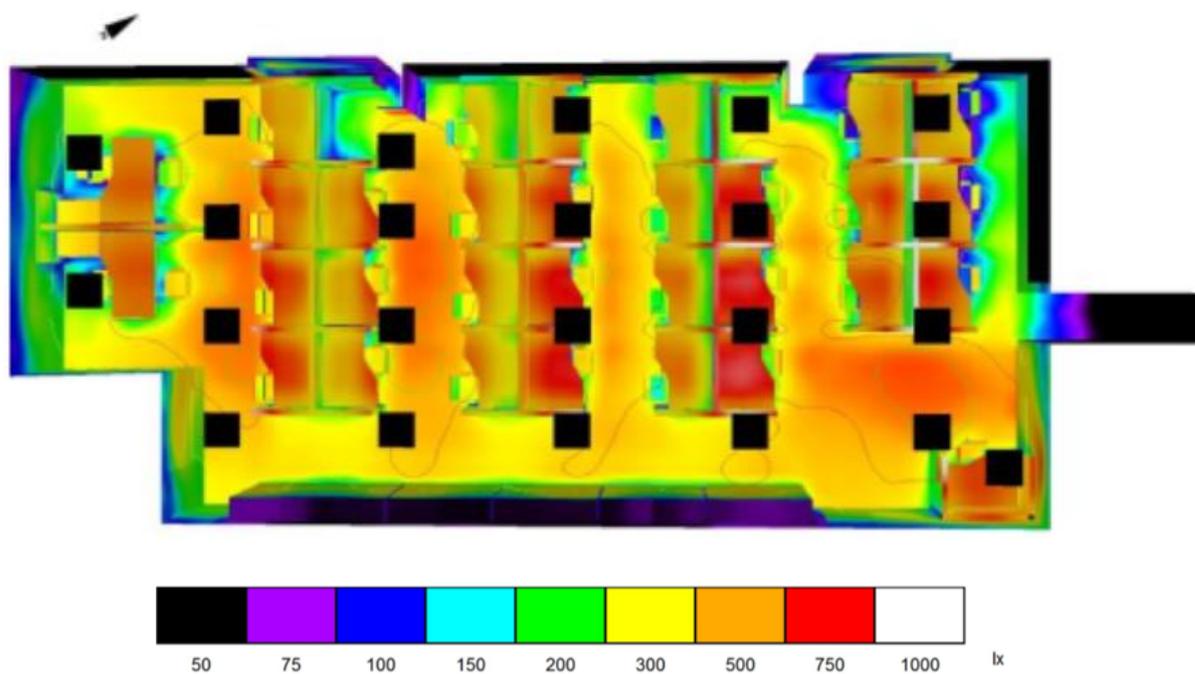
A figura 42 mostra a representação de cores falsas, onde é possível confirmar uma melhora na distribuição da iluminância. Nesta configuração a iluminância média é de 501lux. Entretanto, nos corredores a distribuição não está homogênea.

Figura 41 - Implementação - Opção 2



Fonte: Elaborado pelo autor, 2014.

Figura 42 - Implementação - Opção 2 - Representação de cores falsas



Fonte: Elaborado pelo autor, 2014.

4.9.1.4 Opção 3 de melhoria

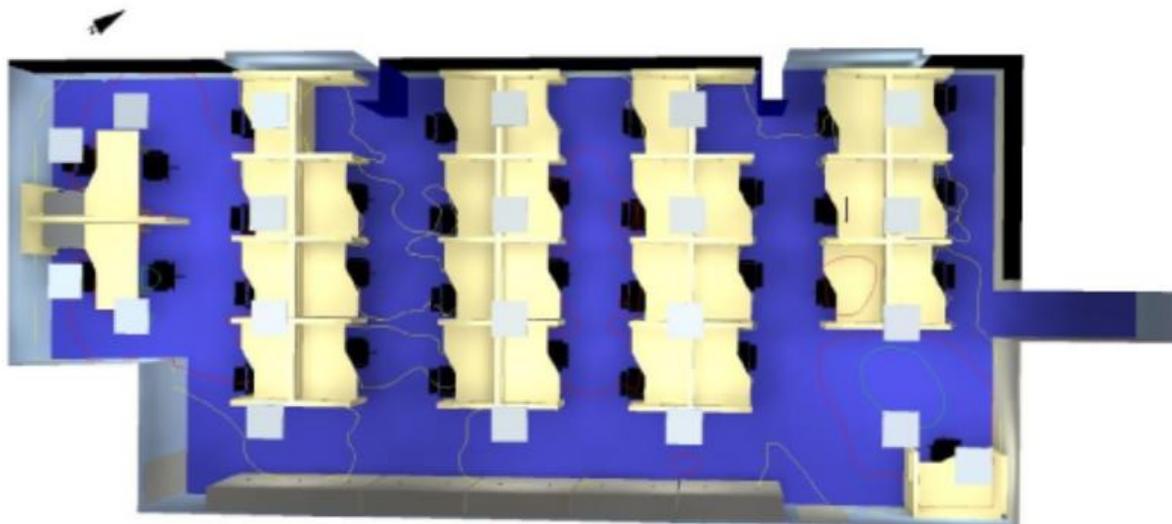
Na opção 3 foi proposta a redução para 21 luminárias modelo FAA20-E414.

Os dados da lâmpada, do reator e da luminária estão nas tabelas 4 e 6 e Anexo E, respectivamente. O resumo do cálculo luminotécnico está no apêndice D.

A figura 43 apresenta a simulação da distribuição. Nesta configuração é possível identificar que as luminárias estão melhor distribuídas, mas os corredores apresentaram que de iluminância.

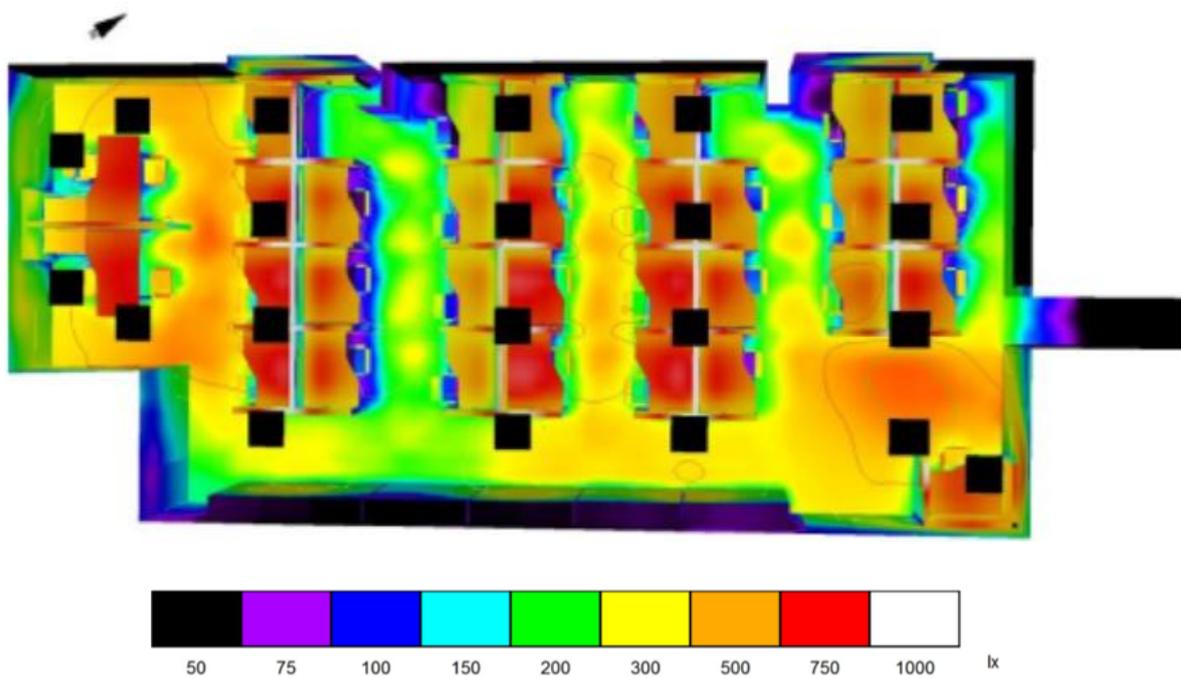
A figura 44 mostra a representação de cores falsas. Nesta configuração não houve melhora na distribuição de iluminância entre os corredores. A iluminância média é de 415lux.

Figura 43 - Implementação - Opção 3



Fonte: Elaborado pelo autor, 2014.

Figura 44 - Implementação - Opção 3 - Representação de cores falsas



Fonte: Elaborado pelo autor, 2014.

4.9.1.5 Opção 4 de melhoria

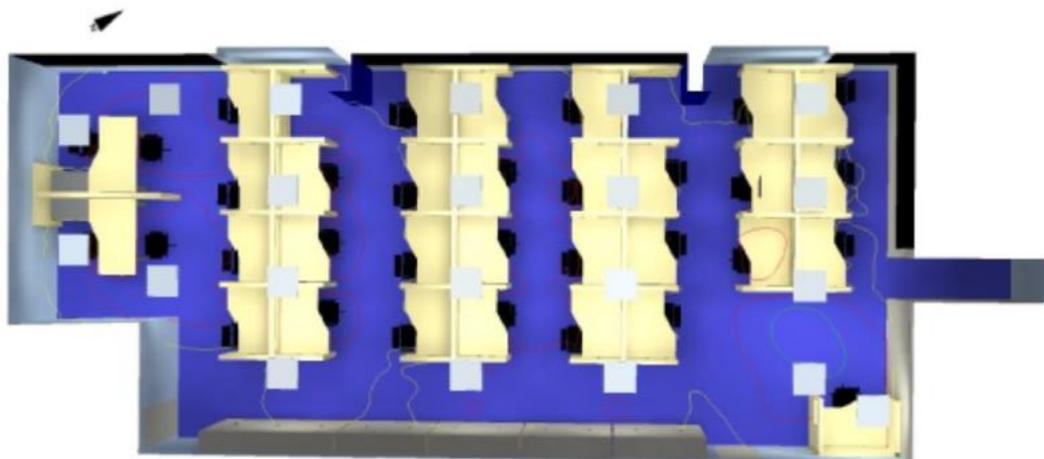
Na opção 4 foram mantidas as 21 luminárias modelo FAA20-E414, entretanto com outra distribuição.

Os dados da lâmpada, do reator e da luminária estão nas tabelas 4 e 6 e Anexo E, respectivamente. O resumo do cálculo luminotécnico está no apêndice E.

A figura 45 apresenta a simulação da distribuição. Nesta configuração é possível identificar que as luminárias estão melhor distribuídas, mas os corredores apresentaram queda de iluminância.

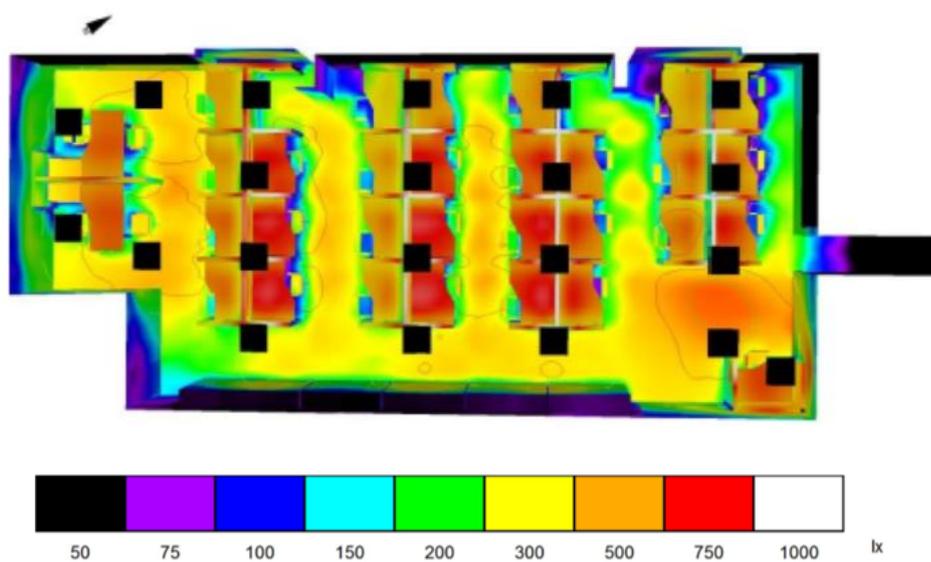
A figura 46 mostra a representação de cores falsas, evidenciando que não houve melhora na distribuição de iluminância entre os corredores. A iluminância média é de 420lux.

Figura 45 - Implementação - Opção 4



Fonte: Elaborado pelo autor, 2014.

Figura 46 - Implementação - Opção 4 - Representação de cores falsas



Fonte: Elaborado pelo autor, 2014.

4.9.1.6 Opção 5 de melhoria

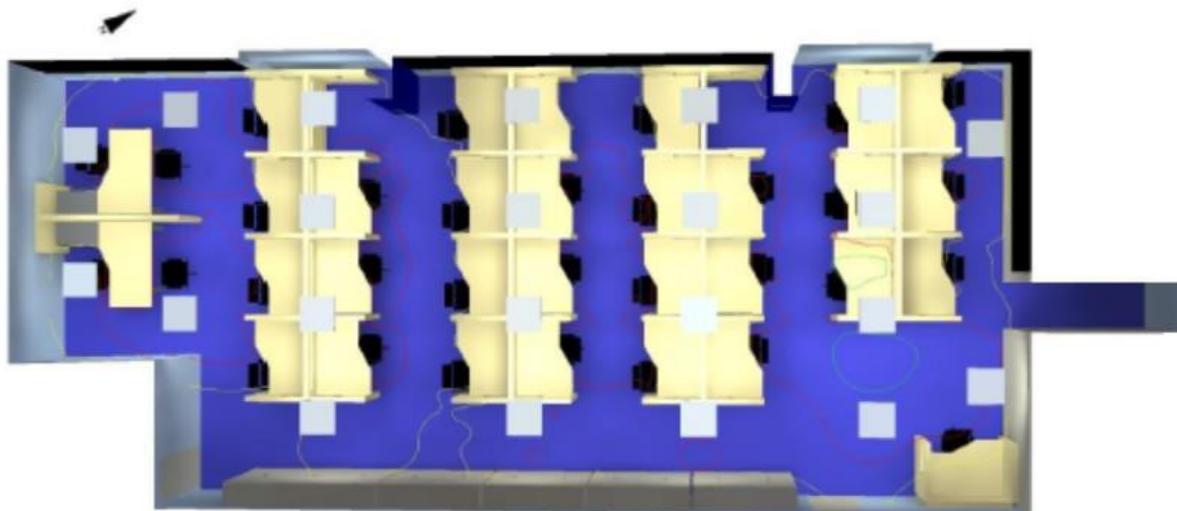
Na opção 5 foram simuladas 22 luminárias modelo FAA20-E414.

Os dados da lâmpada, do reator e da luminária estão nas tabelas 4 e 6 e Anexo E, respectivamente. O resumo do cálculo luminotécnico está no apêndice F.

A figura 47 apresenta a simulação da distribuição. Nesta configuração é possível identificar que as luminárias estão melhor distribuídas, mas os corredores apresentaram queda de iluminância.

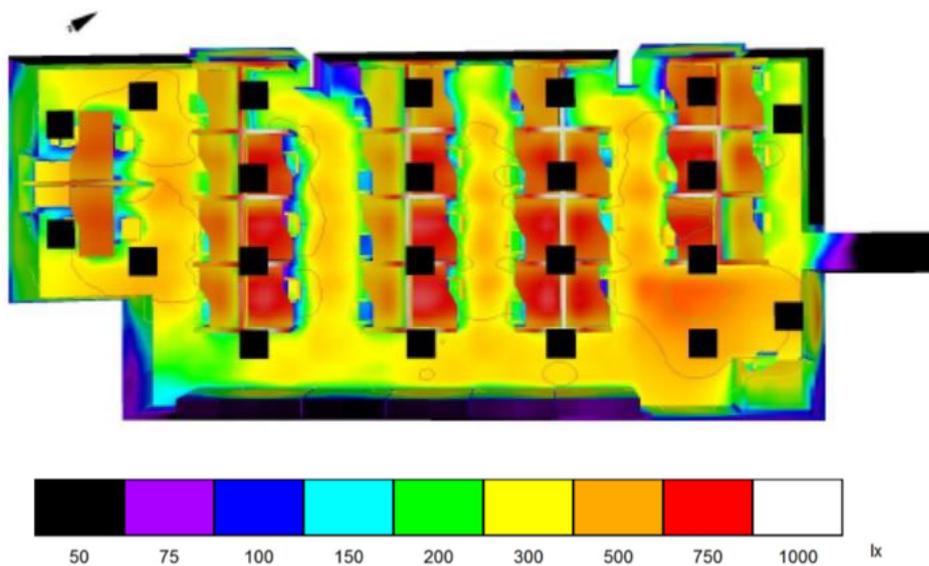
A figura 48 mostra a representação de cores falsas, onde vê-se ligeira melhora na distribuição de iluminância entre os corredores, mas não há homogeneidade nos postos de trabalho. A iluminância média é de 443lux.

Figura 47 - Implementação - Opção 5



Fonte: Elaborado pelo autor, 2014.

Figura 48 - Implementação - Opção 5 - Representação de cores falsas



Fonte: Elaborado pelo autor, 2014.

4.9.1.7 Opção 6 de melhoria

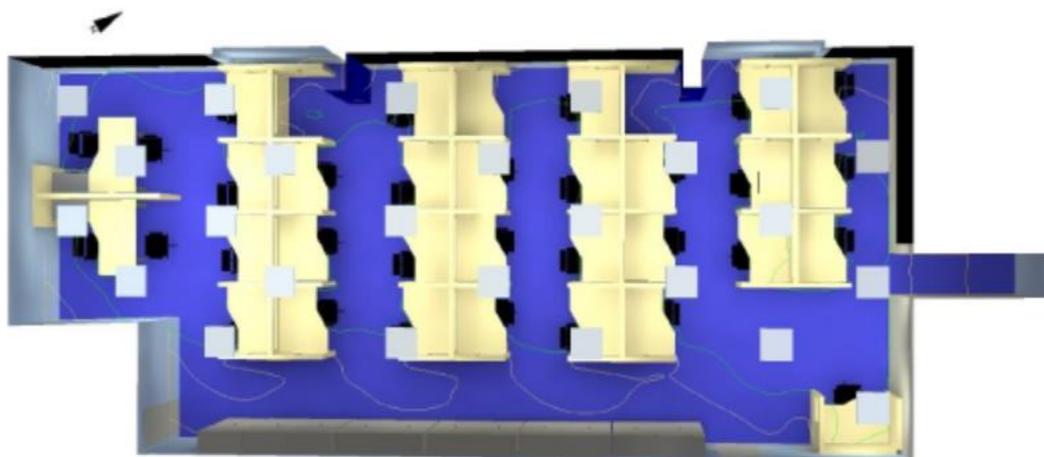
Na opção 6 foram simuladas 25 luminárias modelo FAA20-E414.

Os dados da lâmpada, do reator e da luminária estão nas tabelas 4 e 6 e Anexo E, respectivamente. O resumo do cálculo luminotécnico está no apêndice G.

A figura 49 apresenta a simulação da distribuição. Nesta configuração é possível identificar que as luminárias e corredores estão melhor iluminados com uniformidade na distribuição da iluminância.

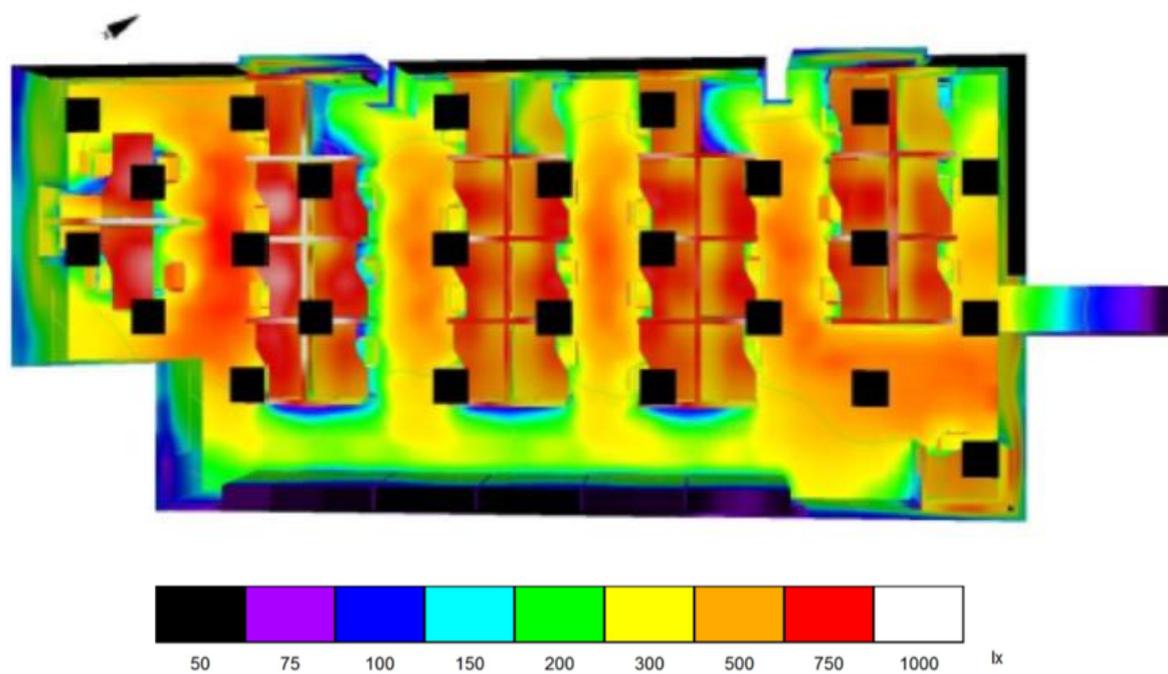
A figura 50 mostra a representação de cores falsas, e confirma que houve melhora na distribuição de iluminância entre os corredores. A iluminância média é de 510lux.

Figura 49 - Implementação - Opção 6



Fonte: Elaborado pelo autor, 2014.

Figura 50 - Implementação - Opção 6 - Representação de cores falsas



Fonte: Elaborado pelo autor, 2014.

4.9.1.8 Opção 7 de melhoria

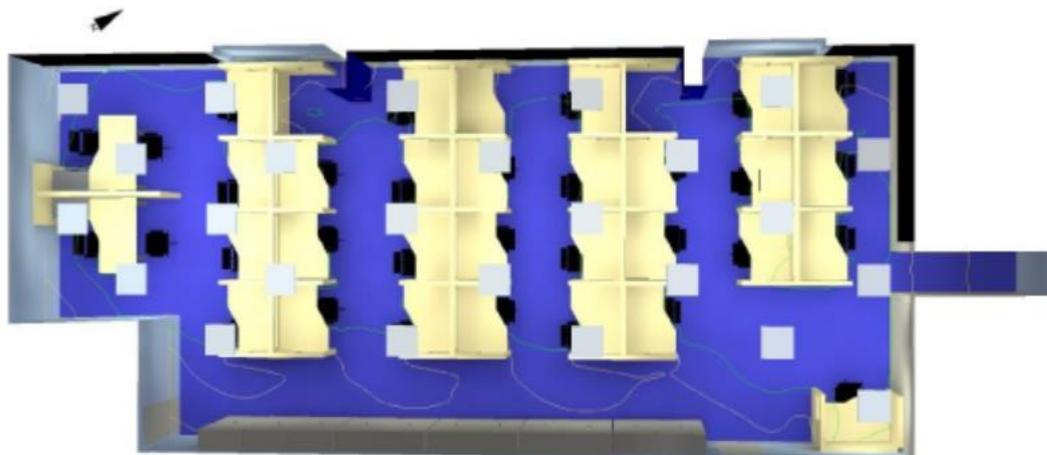
Na opção 7 foram mantidas as 25 luminárias modelo FAA20-E414 da simulação anterior, com a substituição do reator anterior para o modelo QT_i 2X14/24/21/39 GII, de fabricação Osram com dissipação de 31W para o acionamento de 2 lâmpadas.

Os dados da lâmpada, do reator e da luminária estão nas tabelas 4 e 6 e Anexo E, respectivamente. O resumo do cálculo luminotécnico está no apêndice H.

A figura 51 apresenta a simulação da distribuição. Nesta configuração é possível confirmar que não houve modificação na distribuição da iluminância.

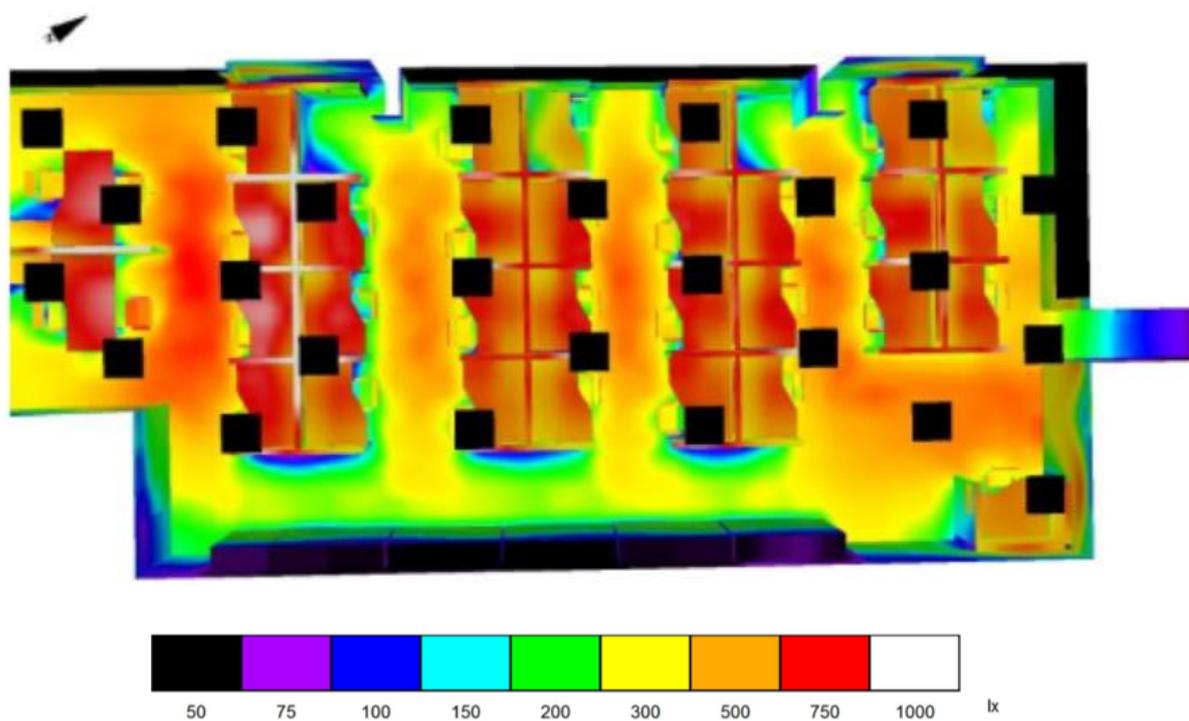
A figura 52 mostra a representação de cores falsas, e confirma que houve melhora na distribuição de iluminância entre os corredores. A iluminância média é de 510lux.

Figura 51 - Implementação - Opção 7



Fonte: Elaborado pelo autor, 2014.

Figura 52 - Implementação - Opção 7 - Representação de cores falsas



Fonte: Elaborado pelo autor, 2014.

4.9.1.9 Opção 8 de melhoria

Na opção 8 as luminárias foram reduzidas para 22 unidades, mas mantido o modelo FAA20-E414 da simulação anterior, com a substituição dos reatores anteriores para o modelo QTP5 2x14/220-240, de fabricação Osram com dissipação 30W para o acionamento de 2 lâmpadas.

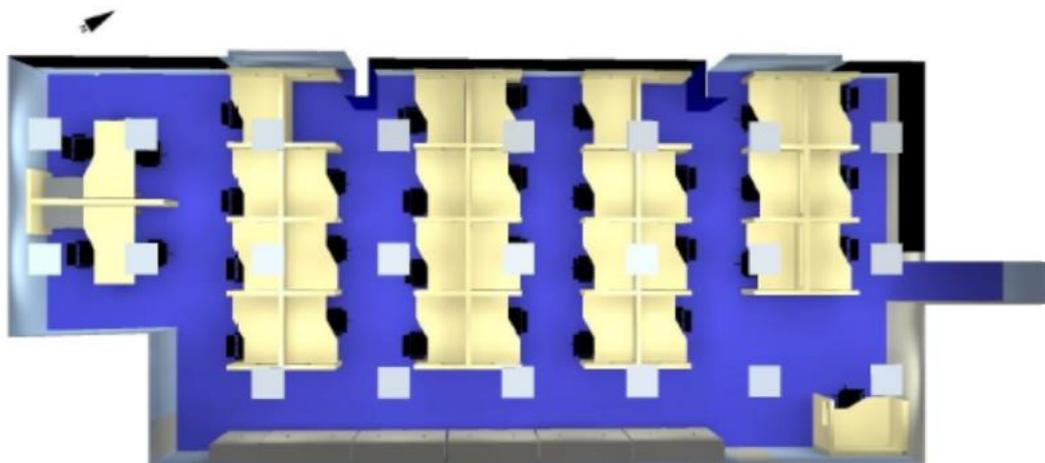
Os dados da lâmpada, do reator e da luminária estão nas tabelas 4 e 6 e Anexo E, respectivamente. O resumo do cálculo luminotécnico está no apêndice I.

A figura 53 apresenta a simulação da nova distribuição. Com esta configuração foi possível distribuir uniformemente as luminárias minimizando os pontos de excesso de falta de luz.

A figura 54 mostra a representação de cores falsas e apresenta uma distribuição uniforme das luminárias com uma distribuição também uniforme do iluminamento sobre os postos de trabalho e nos corredores. A iluminância média é de 480lux.

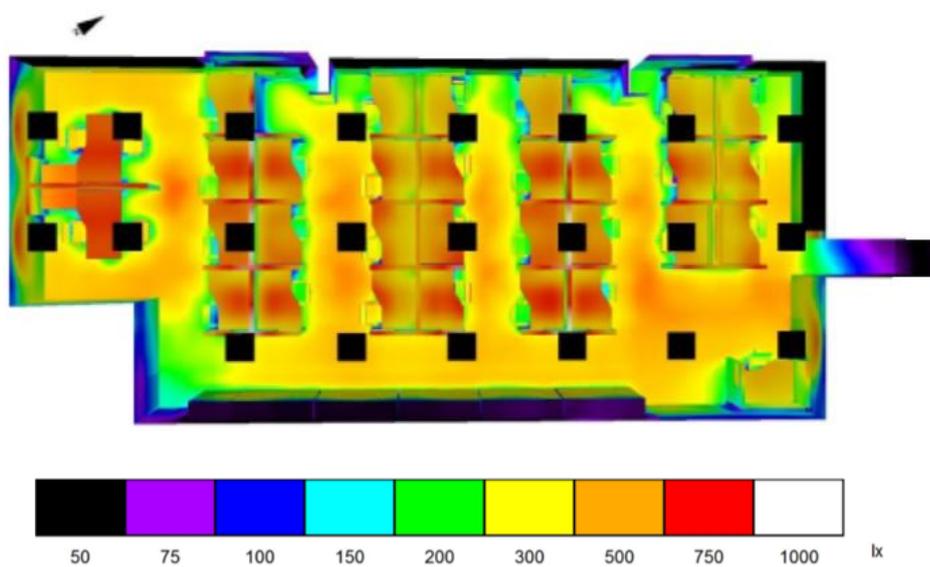
Nesta configuração e com a divisão de circuitos e o aproveitamento da luz natural, a classificação junto ao PROCEL é **A**.

Figura 53 - Implementação - Opção 8



Fonte: Elaborado pelo autor, 2014.

Figura 54 - Implementação - Opção 8 - Representação de cores falsas



Fonte: Elaborado pelo autor, 2014.

4.9.2 Escritório de Manutenção

4.9.2.1 Situação Atual

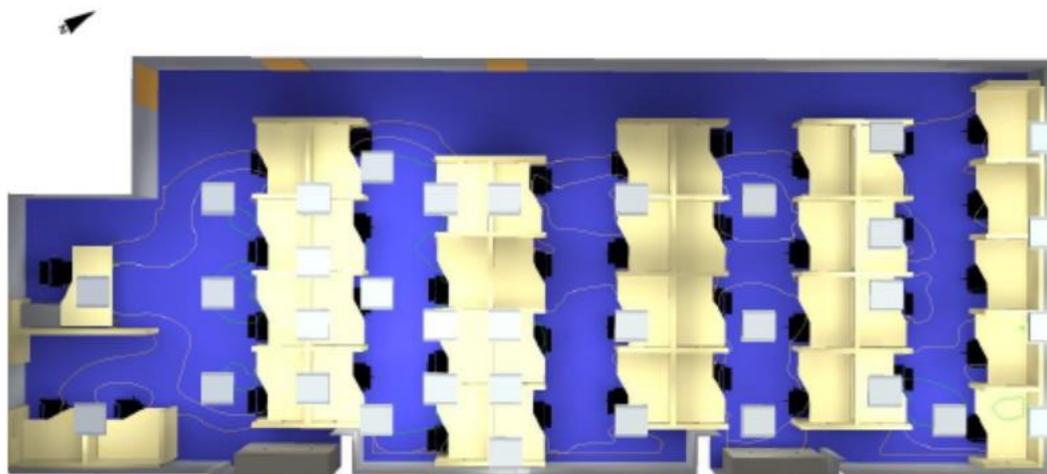
Na situação atual há 34 luminárias de embutir, modelo CAA01-E416, de fabricação da Lumicenter, instaladas com 4 lâmpadas de 16W e reatores com dissipação de 35W para o acionamento de 2 lâmpadas.

Os dados do reator, da lâmpada e da luminária estão na figura 19 e anexos C e D, respectivamente. O resumo do cálculo luminotécnico está no apêndice J.

A figura 55 apresenta a simulação da distribuição atual. Nesta configuração é possível identificar que a distribuição irregular das luminárias provoca a concentração de luz em alguns pontos e áreas de sombreamento em outros.

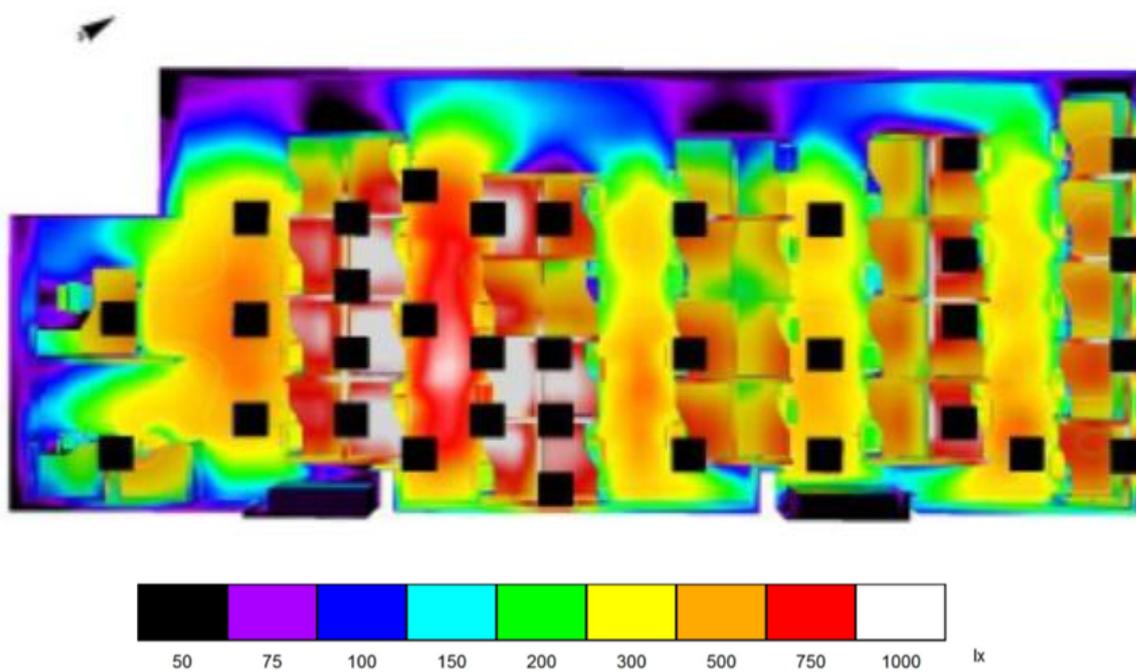
A figura 56 mostra a representação de cores falsas, onde é possível confirmar que os postos de trabalho estão com uma distribuição irregular de iluminância. A iluminância média calculada foi de 486lux.

Figura 55 - Manutenção - Opção atual



Fonte: Elaborado pelo autor, 2014.

Figura 56 - Manutenção - Opção atual - Representação de cores falsas



Fonte: Elaborado pelo autor, 2014.

4.9.2.2 Opção 1 de melhoria

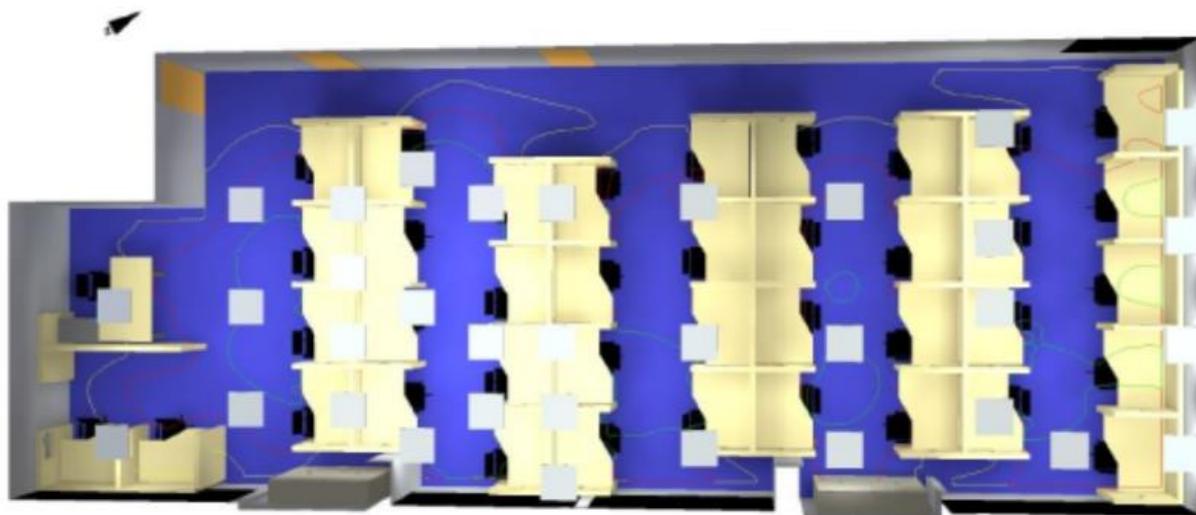
Na opção 1 foi proposta a substituição de todas as luminárias do ambiente por outra de melhor eficiência e mantendo a mesma distribuição no teto. O modelo de luminária utilizado é o FAA20-E414, de fabricação da Lumicenter, instalada com 4 lâmpadas de 14W e reatores com dissipação de 34W para o acionamento de 2 lâmpadas.

Os dados da lâmpada, do reator e da luminária estão nas tabelas 4 e 6 e Anexo E, respectivamente. O resumo do cálculo luminotécnico está no apêndice K.

A figura 57 apresenta a simulação desta distribuição e é possível notar que houve redução significativa dos pontos de sombreamento.

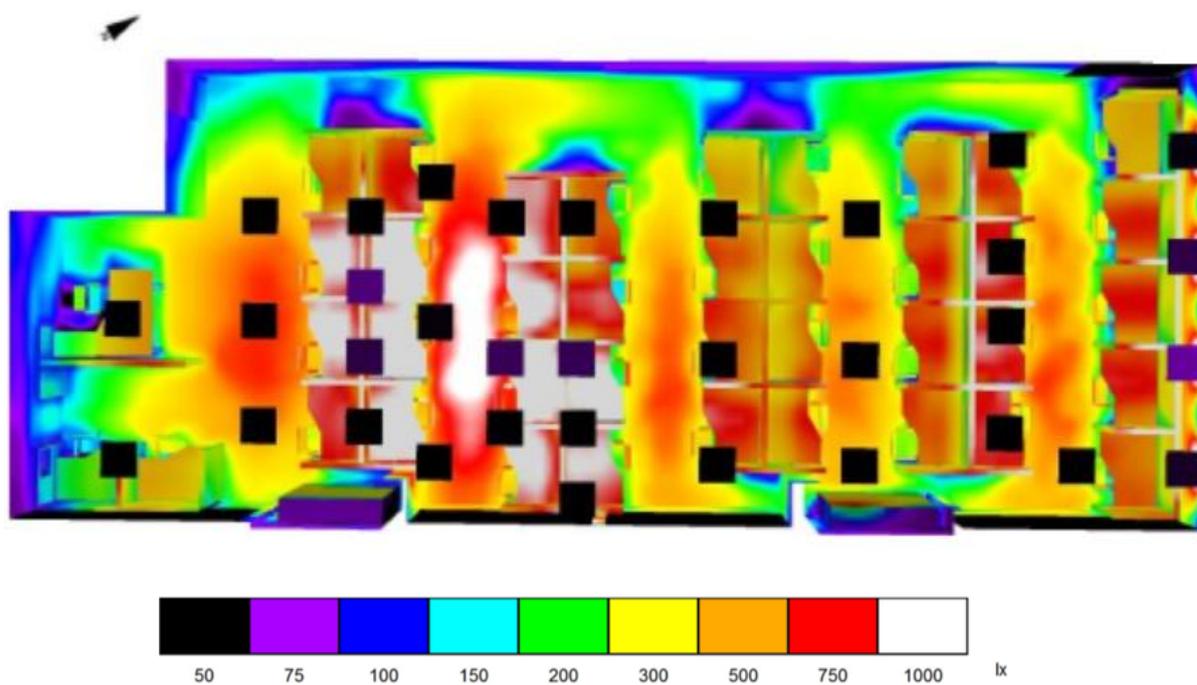
A figura 58 mostra a representação de cores falsas, onde é possível confirmar uma melhora na distribuição da iluminância, mas ainda com vários pontos com iluminância na ordem de 1.000lux. Nesta configuração a iluminância média é de 616lux.

Figura 57 - Manutenção - Opção 1



Fonte: Elaborado pelo autor, 2014.

Figura 58 -Manutenção - Opção 1 - Representação de cores falsas



Fonte: Elaborado pelo autor, 2014.

4.9.2.3 Opção 2 de melhoria

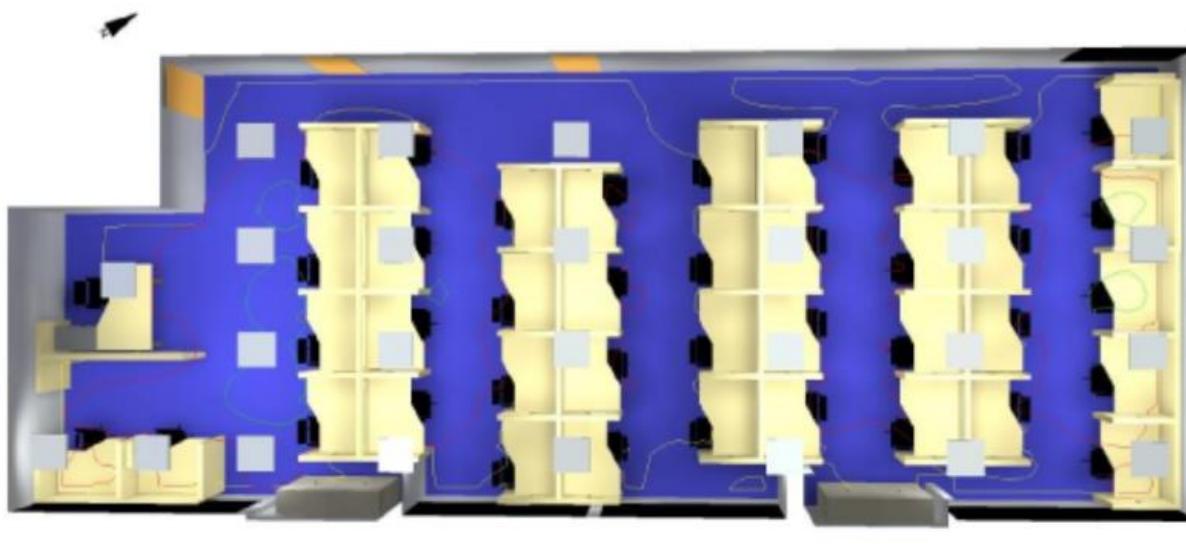
Na opção 2 foi proposta a redução para 27 luminárias modelo FAA20-E414.

Os dados da lâmpada, do reator e da luminária estão nas tabelas 4 e 6 e Anexo E, respectivamente. O resumo do cálculo luminotécnico está no apêndice L.

A figura 59 apresenta a simulação da distribuição. Nesta configuração é possível identificar que as luminárias estão melhor distribuídas, mas os corredores apresentaram queda de iluminância.

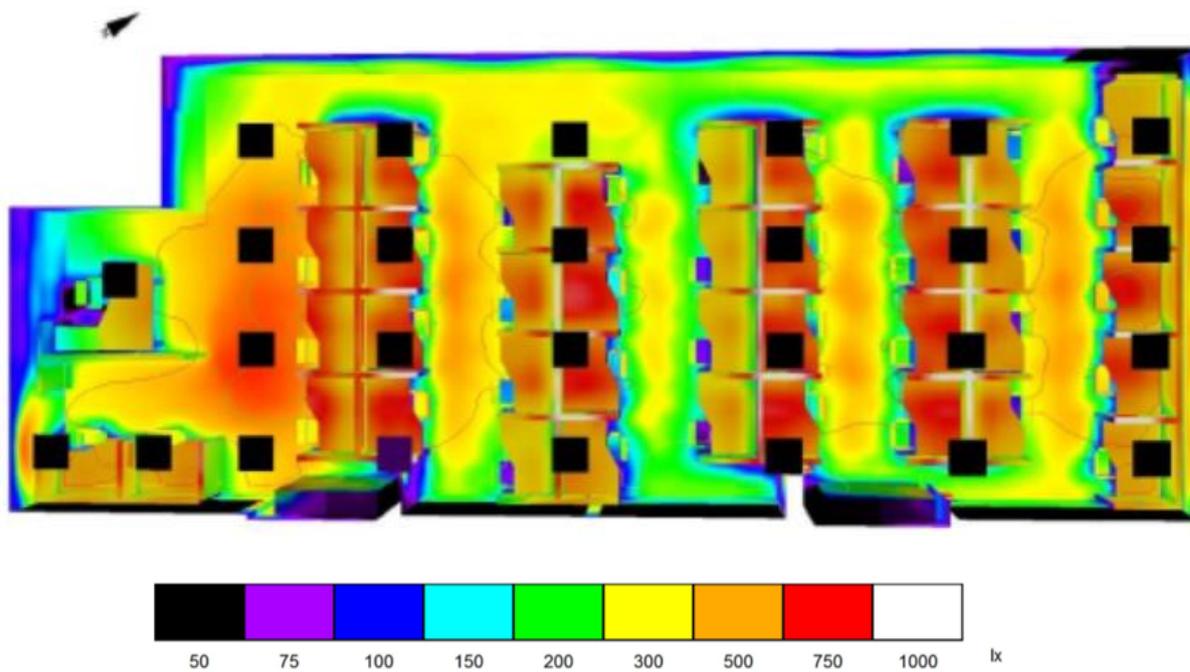
A figura 60 mostra a representação de cores falsas, onde é possível confirmar uma melhora na distribuição da iluminância sobre os postos de trabalho, mas nos corredores ainda apresenta irregularidade. Nesta configuração a iluminância média é de 512lux.

Figura 59 - Manutenção - Opção 2



Fonte: Elaborado pelo autor, 2014.

Figura 60 - Manutenção - Opção 2 - Representação de cores falsas



Fonte: Elaborado pelo autor, 2014.

4.9.2.4 Opção 3 de melhoria

Na opção 3 as luminárias foram reduzidas para 25 unidades, mas mantido o modelo FAA20-E414 da simulação anterior, com a substituição dos reatores anteriores para o modelo QTP5 2x14/220-240, de fabricação Osram com dissipação de 30W para o acionamento de 2 lâmpadas.

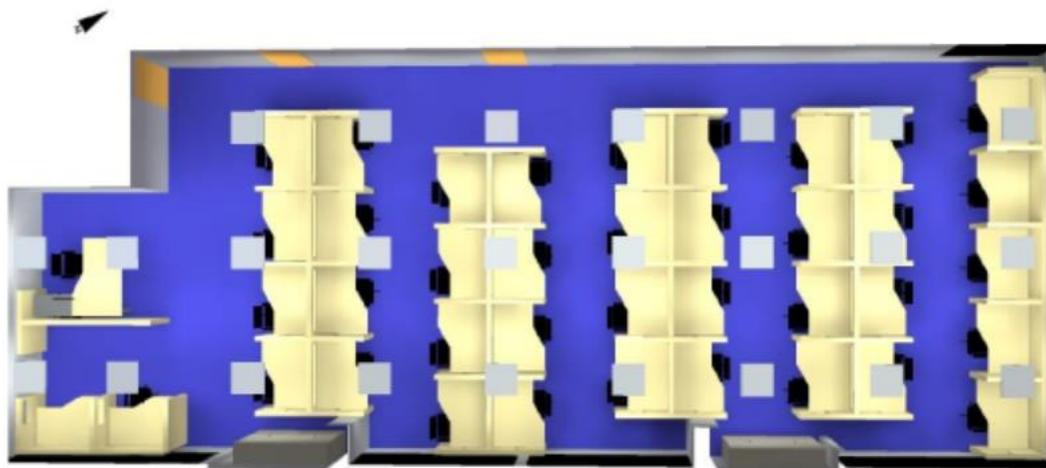
Os dados da lâmpada, do reator e da luminária estão nas tabelas 4 e 6 e Anexo E, respectivamente. O resumo do cálculo luminotécnico está no apêndice M.

A figura 61 apresenta a simulação da nova distribuição. Com esta configuração foi possível distribuir uniformemente as luminárias minimizando os pontos de excesso de falta de luz.

A figura 62 mostra a representação de cores falsas e apresenta uma distribuição uniforme das luminárias com uma distribuição também uniforme do iluminamento sobre os postos de trabalho e nos corredores. A iluminância média é de 507lux.

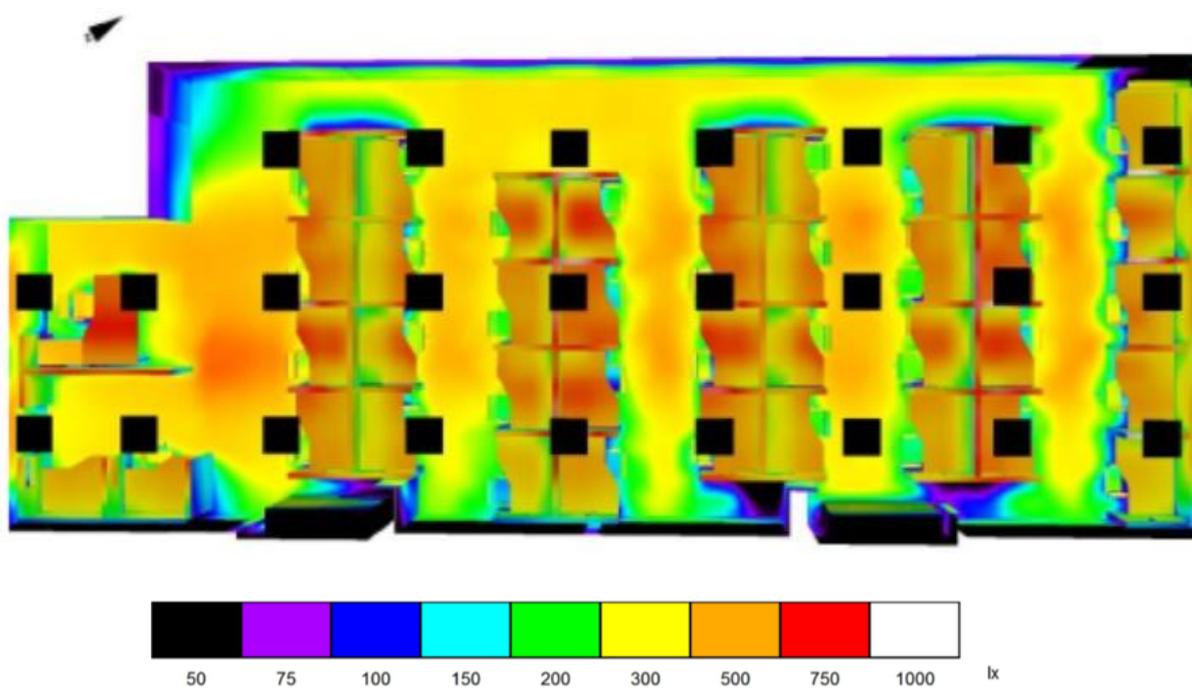
Nesta configuração e com o aproveitamento da luz natural, a classificação junto ao PROCEL é **A**.

Figura 61 - Manutenção - Opção 3



Fonte: Elaborado pelo autor, 2014.

Figura 62 - Manutenção - Opção 3 - Representação de cores falsas



Fonte: Elaborado pelo autor, 2014.

4.9.3 Salas de Reunião 1, 2 e 3 e Salas de Apoio 1 e 2

As salas de reunião e de apoio representam uma importância menor pela sua ocupação (número de pessoas e tempo de ocupação). Entretanto, tiveram importância fundamental para a redução da potência total instalada e para a obtenção da classificação **A** final do Escritório.

Abaixo serão apresentadas as análises da situação atual e da melhor opção de melhoria para o sistema de iluminação de cada um destes ambientes.

O resumo de todas as simulações é apresentado no quadro 2.

4.9.3.1 Sala de Reunião 1 - Situação atual

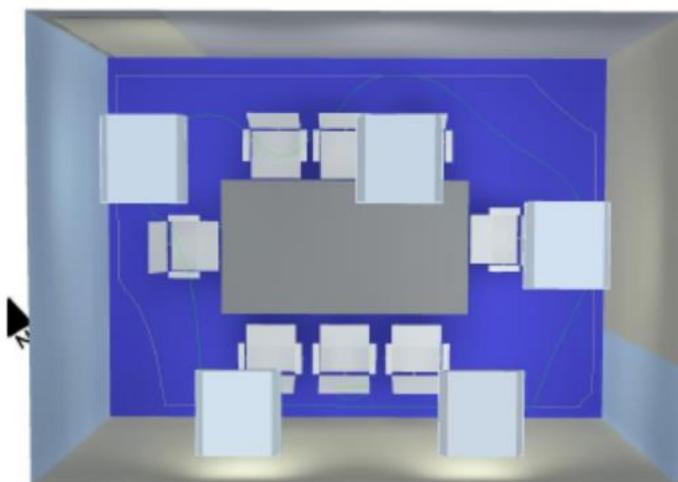
Na situação atual há 5 luminárias de embutir, modelo CAA01-E416, de fabricação da Lumicenter, instaladas com 4 lâmpadas de 16W e reatores com dissipação de 35W para o acionamento de 2 lâmpadas.

Os dados do reator, da lâmpada e da luminária estão na figura 19 e anexos C e D, respectivamente. O resumo do cálculo luminotécnico está no apêndice N.

A figura 63 apresenta a simulação da distribuição atual. Nesta configuração é possível observar uma distribuição irregular das luminárias, inclusive próximo à parede oposta da porta.

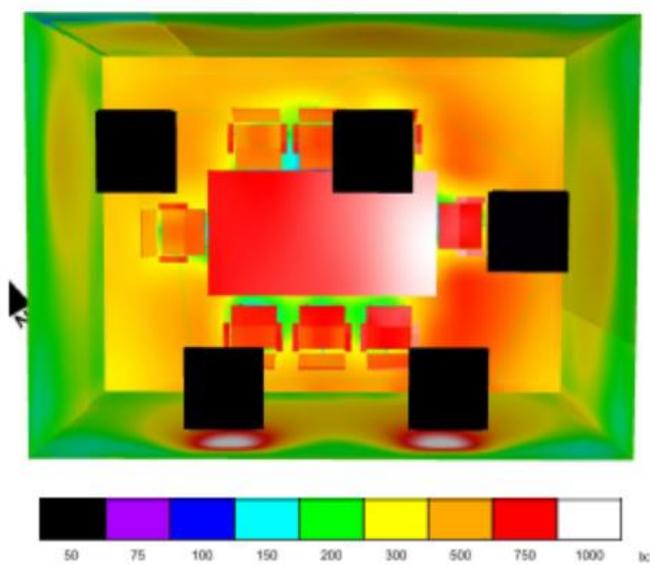
A figura 64 mostra a representação de cores falsas, onde é possível confirmar a distribuição irregular de iluminância na sala. Sobre o plano de trabalho a iluminância varia de 750 a 1000lux. A iluminância média calculada foi de 773lux.

Figura 63 - Sala de Reunião 1 - Atual



Fonte: Elaborado pelo autor, 2014.

Figura 64 – Sala de Reunião 1 - Atual - Representação de cores falsas



Fonte: Elaborado pelo autor, 2014.

4.9.3.2 Sala de Reunião 1 - Opções de melhoria

Na opção 1 com 2 luminárias modelo CAA01-E416, para 4 lâmpadas de 16W e na opção 2 com 2 luminárias modelo FAA20-E414, para 4 lâmpadas de 14W não foi possível alcançar os 500lux exigidos pela norma. Nas opções 3, 4 e 5 com 3 luminárias modelo FAA20-E414, o iluminamento ficou em 620, 595 e 677lux, respectivamente. Foi simulada a opção 6, que utiliza 1 luminária de embutir, modelo FAA04-E428, de fabricação da Lumicenter, instalada com 4 lâmpadas de 28W e 2 reatores com dissipação de 60W.

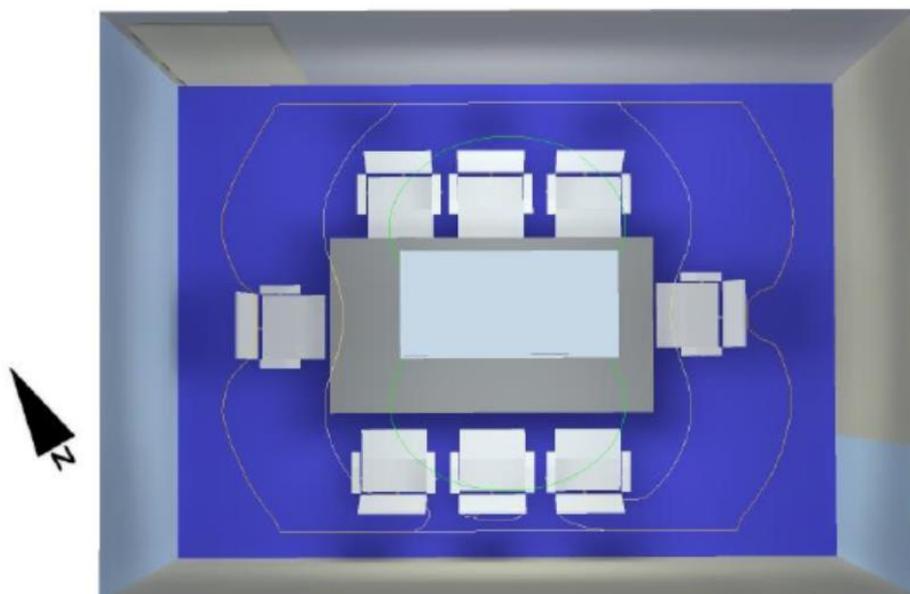
Os dados da lâmpada, do reator e da luminária da opção 6 estão nas tabelas 5 e 7 e no anexo F, respectivamente. O resumo do cálculo luminotécnico da opção 6, que é a melhor opção está no apêndice O.

A figura 65 apresenta a simulação da opção 6. Por conter uma única luminária, nesta configuração é possível observar uma distribuição regular da iluminância em toda a sala.

A figura 66 mostra a representação de cores falsas da opção 6, onde é possível confirmar a distribuição simétrica da iluminância na sala. A iluminância média calculada foi de 535lux.

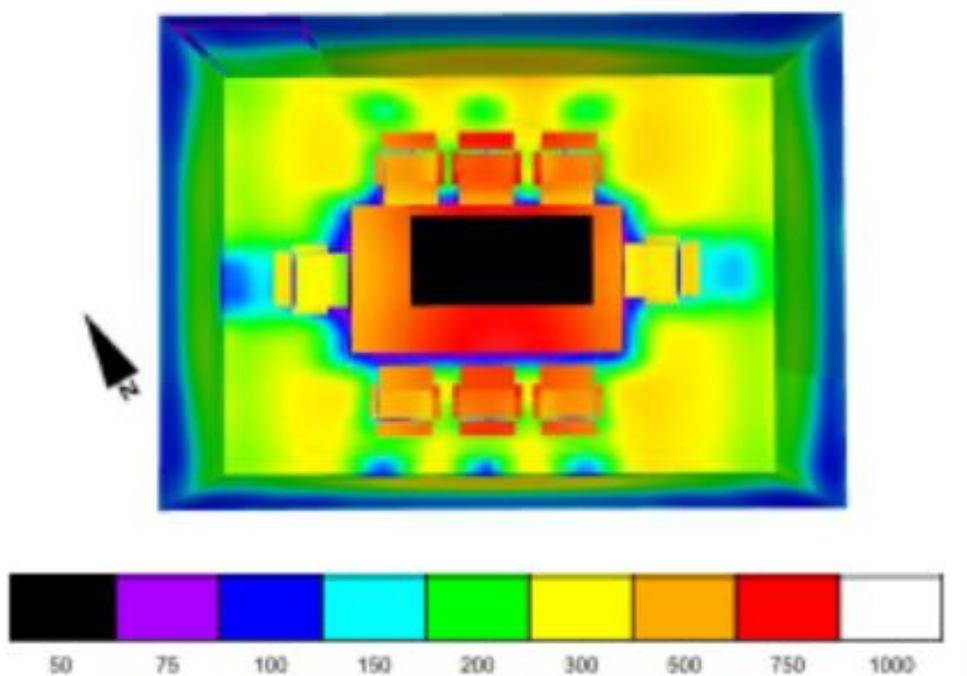
Nesta configuração a classificação da sala junto ao PROCEL é **A**.

Figura 65 - Sala de Reunião 1 – Opção 6



Fonte: Elaborado pelo autor, 2014.

Figura 66 - Sala de Reunião 1 – opção 6 - Representação de cores falsas



Fonte: Elaborado pelo autor, 2014.

4.9.3.3 Sala de Reunião 2 - Situação atual

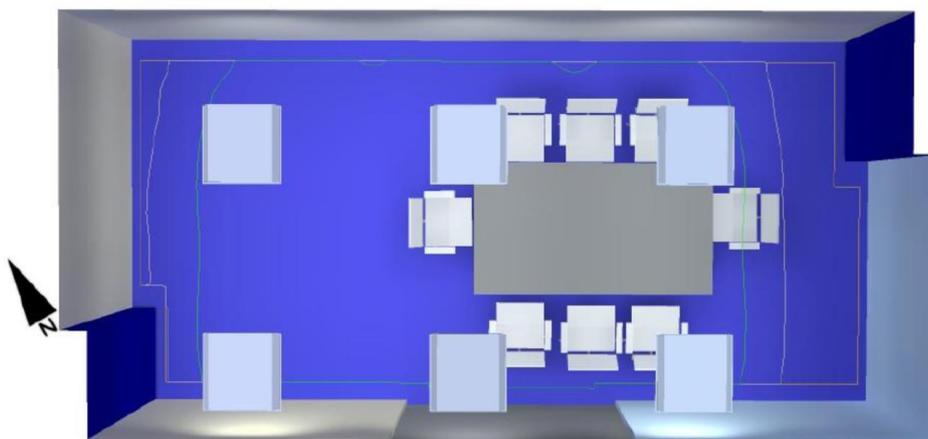
Na situação atual há 6 luminárias de embutir, modelo CAA01-E416, de fabricação da Lumicenter, instaladas com 4 lâmpadas de 16W e reatores com dissipação de 35W.

Os dados dos reatores, das lâmpadas e das luminárias estão na figura 19 e anexos C e D, respectivamente. O resumo do cálculo luminotécnico está no apêndice P.

A figura 67 apresenta a simulação da distribuição atual.

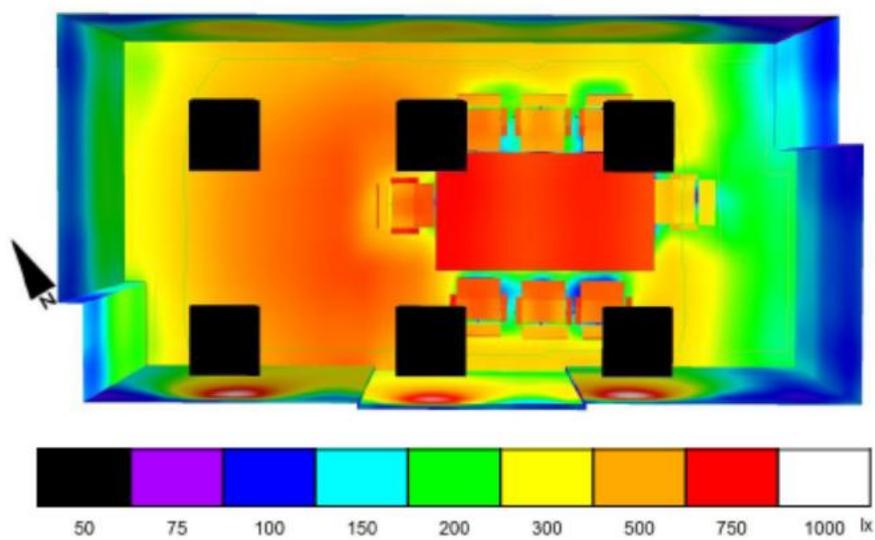
A figura 68 mostra a representação de cores falsas, onde é possível verificar o excesso de iluminância na sala. Sobre o plano de trabalho a iluminância é de 700lux. A iluminância média calculada foi de 592lux.

Figura 67 - Sala de Reunião 2 - Atual



Fonte: Elaborado pelo autor, 2014.

Figura 68 - Sala de Reunião 2 – Atual - Representação de cores falsas



Fonte: Elaborado pelo autor, 2014.

4.9.3.4 Sala de Reunião 2 - Opções de melhoria

Na opção 1, com 2 luminárias de embutir, modelo FAA20-E414 para 4 lâmpadas de 14W e reatores com dissipação de 30W não foi possível alcançar os 500lux exigidos pela norma. A opção 2 utiliza a mesma quantidade de lâmpadas, reatores e luminárias, entretanto, com um rearranjo o iluminamento atingiu 477lux, ficando dentro da tolerância inferior de 10% aceitável pela norma.

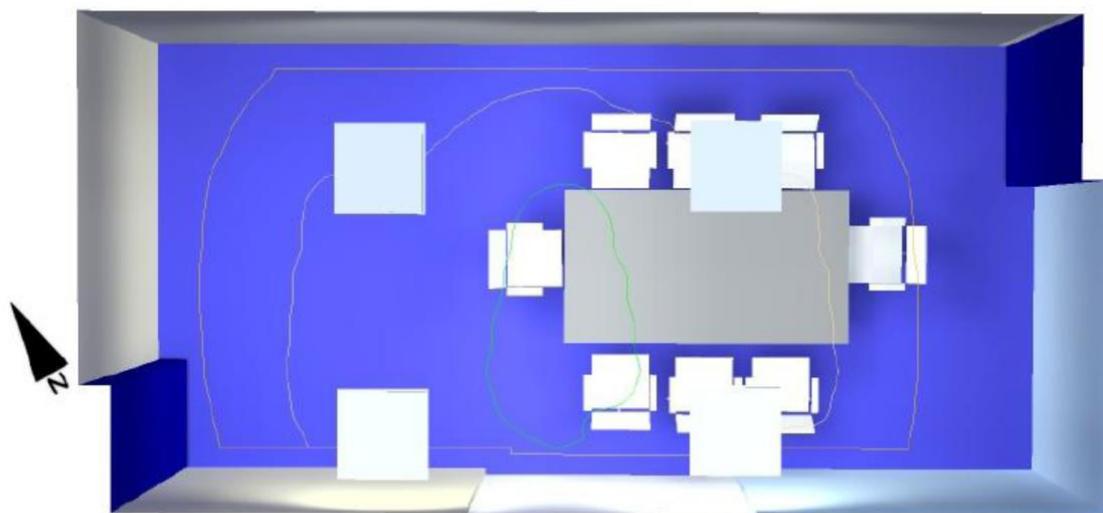
Os dados da lâmpada, do reator e da luminária da opção 2 estão nas tabelas 4 e 6 e no anexo E, respectivamente. O resumo do cálculo luminotécnico da opção 2, que é a melhor opção, está no apêndice Q.

A figura 69 apresenta a simulação da opção 2. Devido à paginação do forro, duas luminárias ficaram próximas à porta.

A figura 70 mostra a representação de cores falsas da opção 2, onde é possível verificar que o plano de trabalho tem uma iluminância entre 500 e 750lux.

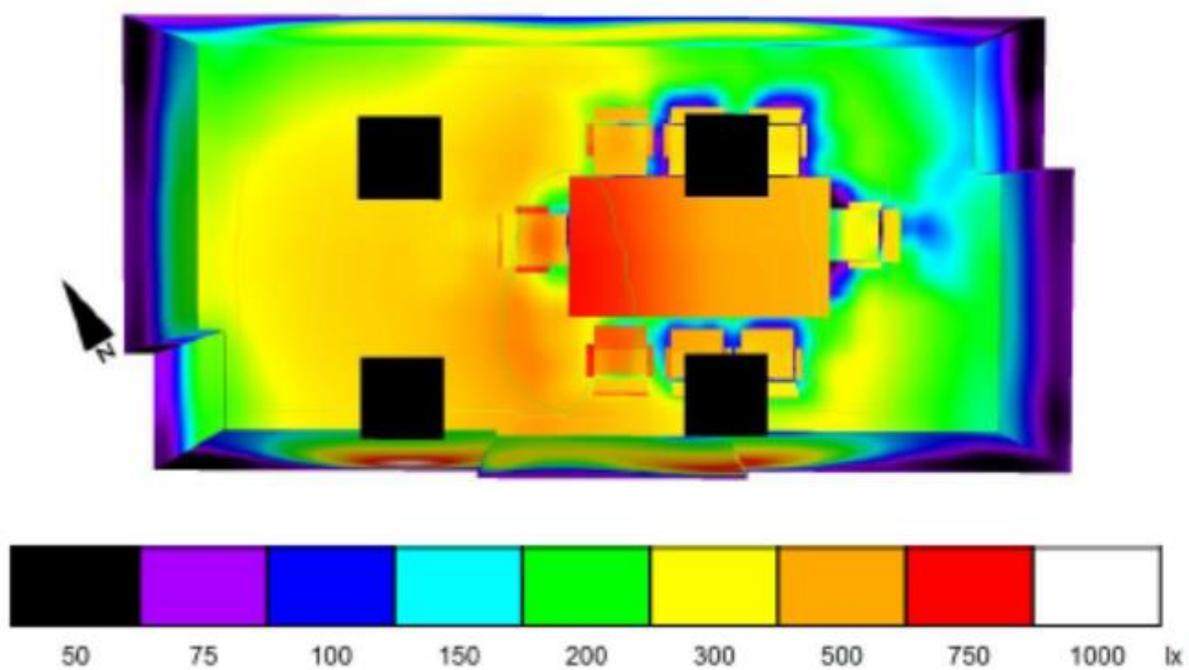
Nesta configuração a classificação da sala junto ao PROCEL é **A**.

Figura 69 - Sala de Reunião 2 - Opção 2



Fonte: Elaborado pelo autor, 2014.

Figura 70 - Sala de Reunião 2 - Opção 2 - Representação de cores falsas



Fonte: Elaborado pelo autor, 2014.

4.9.3.5 Sala de Reunião 3 - Situação atual

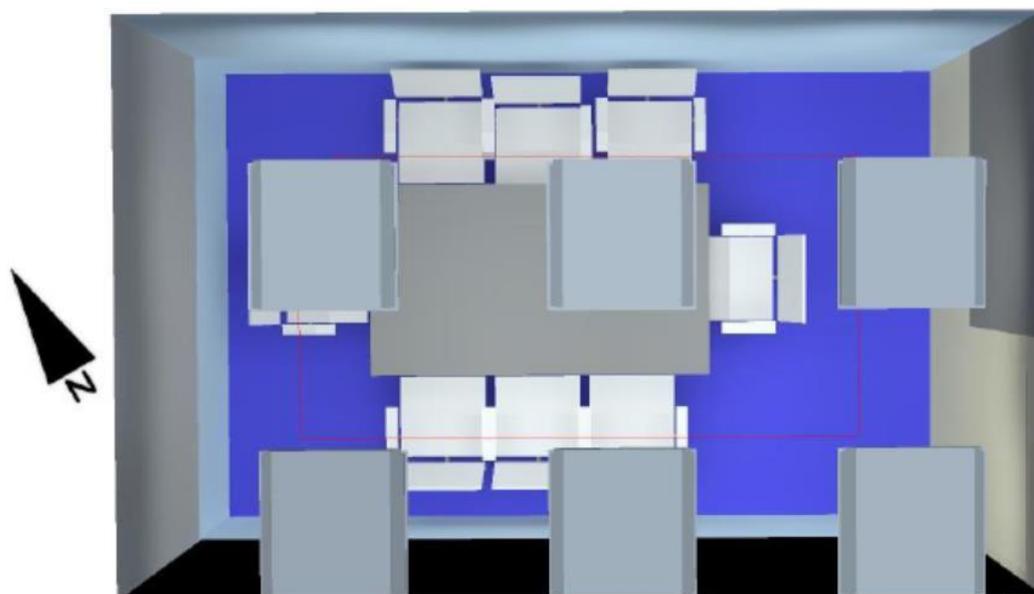
Na situação atual há 6 luminárias de embutir, modelo CAA01-E416, de fabricação da Lumicenter, instaladas com 4 lâmpadas de 16W e reatores com dissipação de 35W para o acionamento de 2 lâmpadas.

Os dados dos reatores, das lâmpadas e das luminárias estão na figura 19 e anexos C e D, respectivamente. O resumo do cálculo luminotécnico está no apêndice R.

A figura 71 apresenta a simulação da distribuição atual.

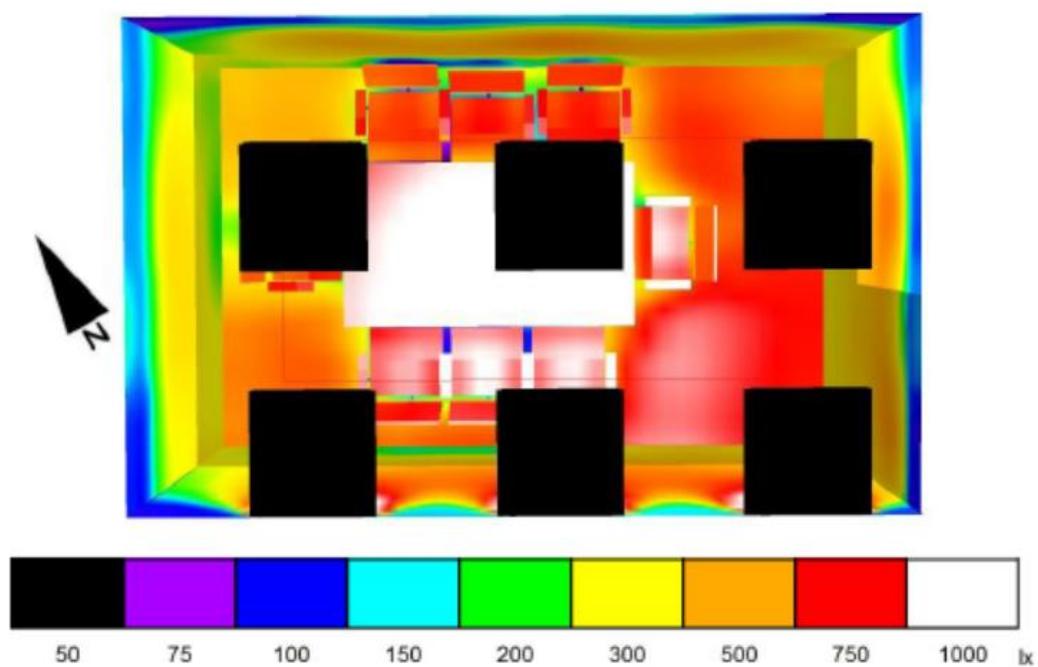
A figura 72 mostra a representação de cores falsas, onde é possível verificar o excesso de iluminância na sala. Sobre o plano de trabalho a iluminância é da ordem de 1000lux. A iluminância média calculada foi de 1095lux.

Figura 71 - Sala de Reunião 3 - Atual



Fonte: Elaborado pelo autor, 2014.

Figura 72 - Sala de Reunião 3 – Atual - Representação de cores falsas



Fonte: Elaborado pelo autor, 2014.

4.9.3.6 Sala de Reunião 3 - Opções de melhoria

Na opção 1, foi mantido o mesmo tipo de luminária de embutir, modelo CAA01-E416, de fabricação da Lumicenter, instaladas com 4 lâmpadas de 16W e reatores com dissipação de 35W para o acionamento de 2 lâmpadas. Entretanto, a quantidade foi reduzida para 2 luminárias. Nesta configuração a iluminância foi reduzida para 450lux.

Na opção 2, as luminárias foram substituídas por outras 2 luminárias modelo FAA20-E414 para 4 lâmpadas de 14W e reatores com dissipação de 30W. Nesta opção o iluminamento atingiu 491lux, ficando dentro da tolerância inferior de 10% aceitável pela norma.

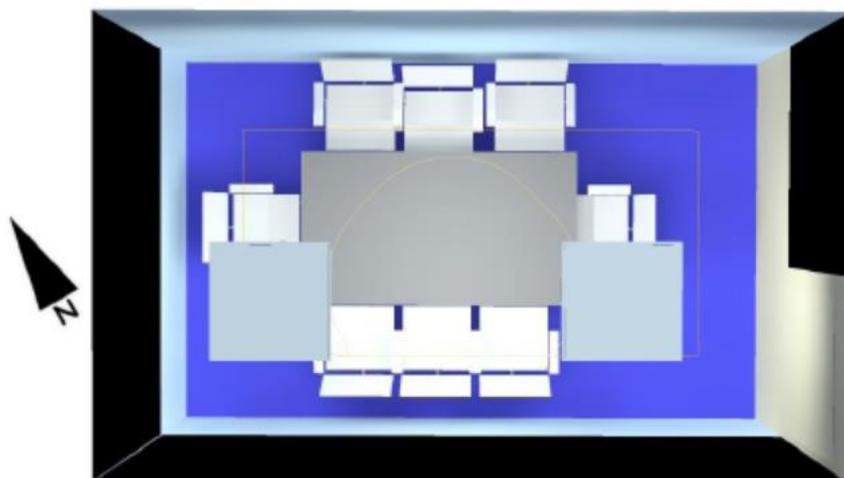
Os dados da lâmpada, do reator e da luminária estão nas tabelas 4 e 6 e no anexo E, respectivamente. O resumo do cálculo luminotécnico da opção 2, que é a melhor opção, está no apêndice S.

A figura 73 apresenta a simulação da opção 2. Devido à paginação do forro, duas luminárias ficaram próximas à porta e à janela externa.

A figura 74 mostra a representação de cores falsas da opção 2, onde é possível verificar que o plano de trabalho tem uma iluminância entre 500 e 750lux.

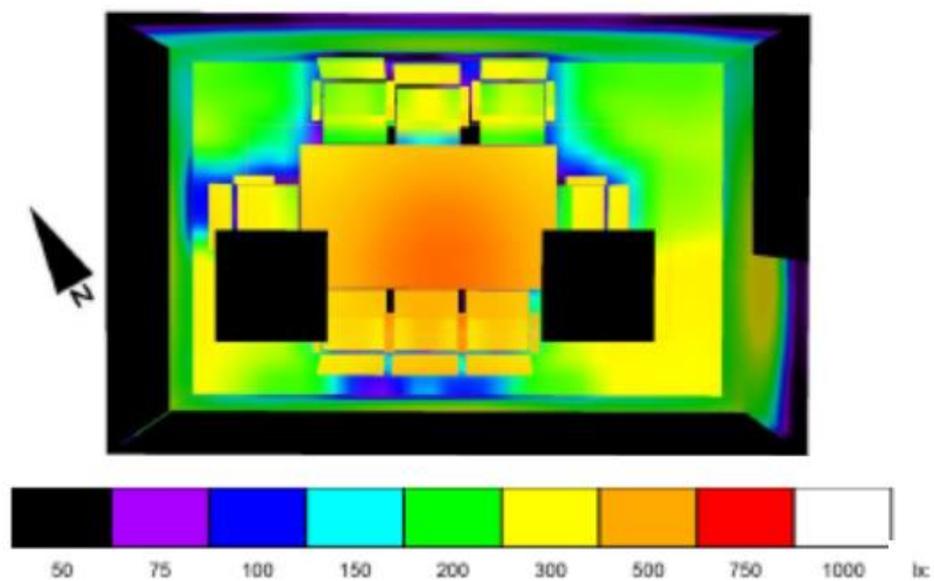
Nesta configuração, com a divisão de circuitos e o aproveitamento da luz natural, a classificação da sala junto ao PROCEL é **B**.

Figura 73 - Sala de Reunião 3 - Opção 2



Fonte: Elaborado pelo autor, 2014.

Figura 74 - Sala de Reunião 3 – Opção 2 – Representação de cores falsas



Fonte: Elaborado pelo autor, 2014.

4.9.3.7 Sala de Apoio 1 - Situação atual

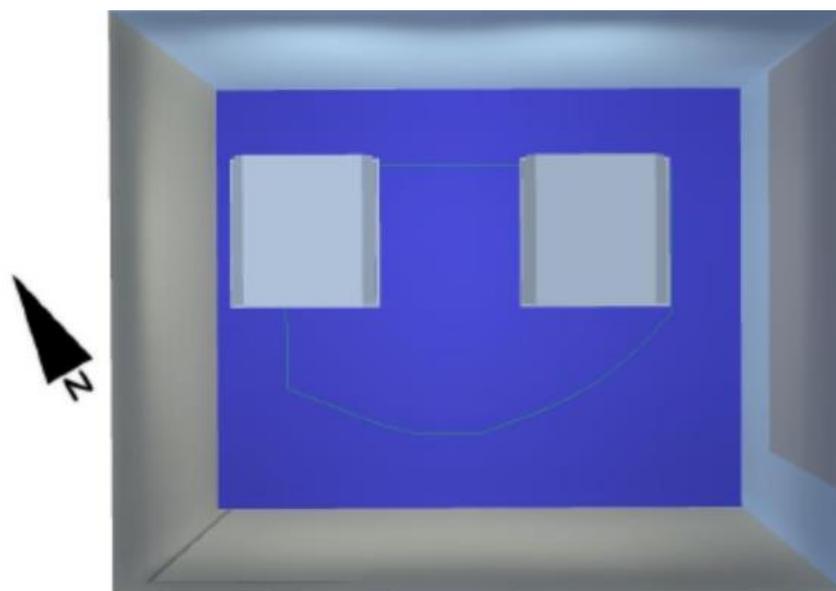
Na situação atual há 2 luminárias de embutir, modelo CAA01-E416, de fabricação da Lumicenter, instaladas com 4 lâmpadas de 16W e reatores com dissipação de 35W.

Os dados do reator, da lâmpada e da luminária estão na figura 19 e anexos C e D, respectivamente. O resumo do cálculo luminotécnico está no apêndice T.

A figura 75 apresenta a simulação da distribuição atual. Devido à paginação do forro, não é possível instalar as luminárias no centro da sala.

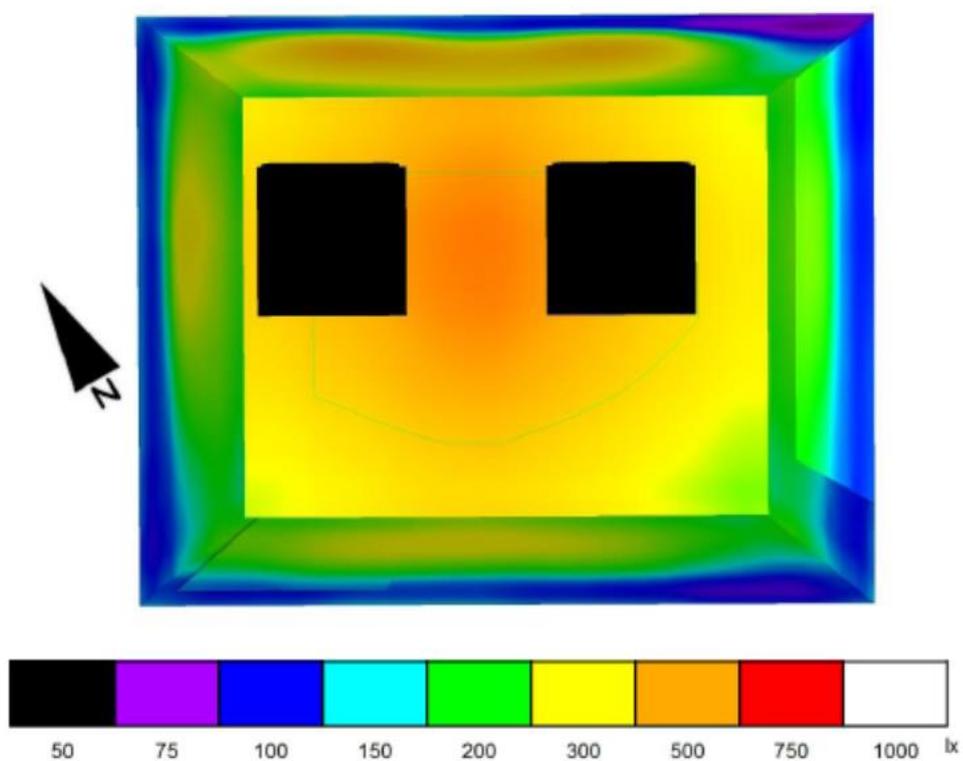
A figura 76 mostra a representação de cores falsas, onde é possível confirmar a distribuição irregular de iluminância na sala. Sobre o plano de trabalho a iluminância varia de 200 a 500lux. A iluminância média calculada foi de 642 lux.

Figura 75 - Sala de Apoio 1 - Atual



Fonte: Elaborado pelo autor, 2014.

Figura 76 - Sala de Apoio 1 – Atual – Representação de cores falsas



Fonte: Elaborado pelo autor, 2014.

4.9.3.8 Sala de Apoio 1 – Opções de Melhorias

Na opção 1, as luminárias foram substituídas por 1 luminária modelo FAA20-E414 para 4 lâmpadas de 14W e reatores com dissipação de 30W. Nesta opção o iluminamento atingiu 376lux, ficando abaixo da tolerância inferior de 10% aceitável pela norma.

Na opção 2, as luminárias foram substituídas por 2 luminárias modelo FAA20-E414 para 4 lâmpadas de 14W e reatores com dissipação de 30W. Nesta opção o iluminamento atingiu 696lux, ficando acima do limite inferior da norma.

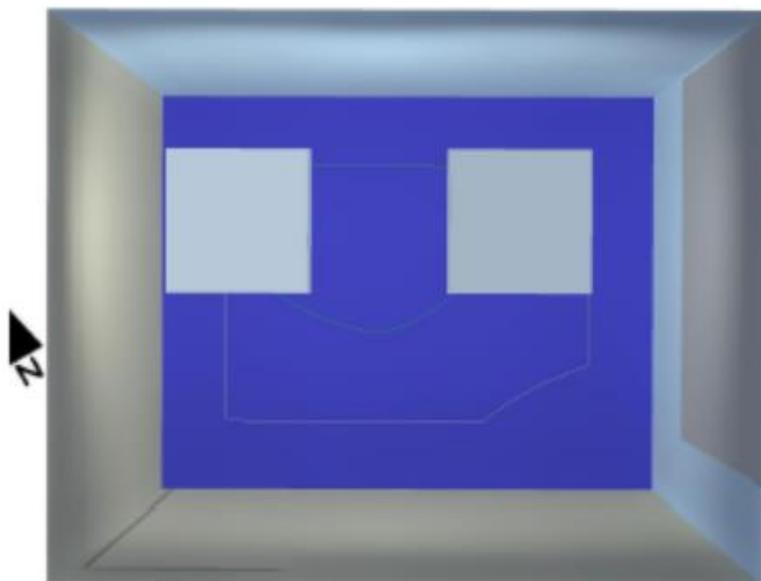
Os dados da lâmpada, do reator e da luminária da opção 2 estão nas tabelas 4 e 6 e no anexo E, respectivamente. O resumo do cálculo luminotécnico da opção 2, que é a melhor opção, está no apêndice U.

A figura 77 apresenta a simulação da opção 2. Devido à paginação do forro, duas luminárias ficaram próximas à porta e à janela externa.

A figura 78 mostra a representação de cores falsas da opção 2, onde é possível verificar que o plano de trabalho tem uma iluminância entre 500 e 750lux.

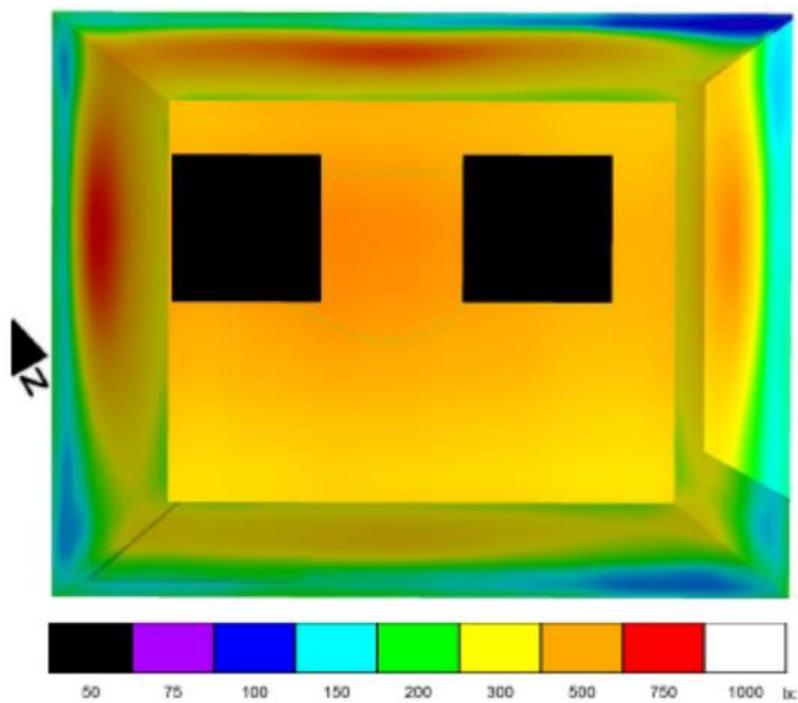
Nesta configuração, mesmo com a divisão de circuitos e o aproveitamento da luz natural, a classificação da sala junto ao PROCEL é **C**.

Figura 77 - Sala de Apoio 1 – Opção 2



Fonte: Elaborado pelo autor, 2014.

Figura 78 - Sala de Apoio 1 – Opção 2 - Representação de cores falsas



Fonte: Elaborado pelo autor, 2014.

4.9.3.9 Sala de Apoio 2 – Atual

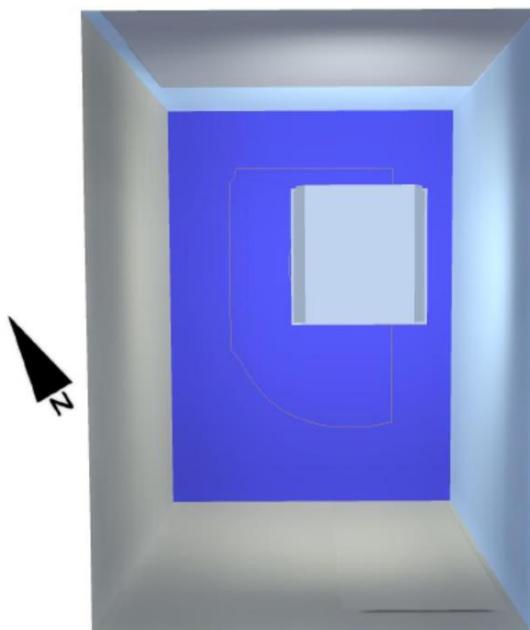
Na situação atual há 1 luminária de embutir, modelo CAA01-E416, de fabricação da Lumicenter, instaladas com 4 lâmpadas de 16W e reatores com dissipação de 35W.

Os dados do reator, da lâmpada e da luminária estão na figura 19 e anexos C e D, respectivamente. O resumo do cálculo luminotécnico está no apêndice V.

A figura 79 apresenta a simulação da distribuição atual. Devido à paginação do forro, não é possível instalar as luminárias no centro da sala.

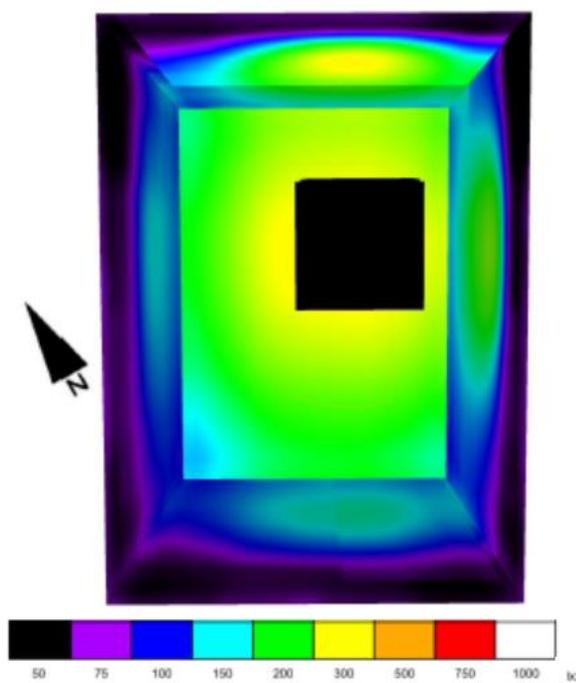
A figura 80 mostra a representação de cores falsas, onde é possível confirmar a iluminância na sala não atinge o limite inferior aceitável pela norma. A iluminância média calculada foi de 412lux.

Figura 79 - Sala de Apoio 2 - Atual



Fonte: Elaborado pelo autor, 2014.

Figura 80 - Sala de Apoio 2 - Atual - Representação de cores falsas



Fonte: Elaborado pelo autor, 2014.

4.9.3.10 Sala de Apoio 2 – Opções de Melhorias

Na opção 1 a luminária foi substituída por 1 luminária modelo FAA20-E414 para 4 lâmpadas de 14W e reatores com dissipação de 30W. Nesta opção o iluminamento atingiu 388lux, ficando abaixo da tolerância inferior de 10% aceitável pela norma.

Na opção 2 a luminária foi substituída por 2 luminárias modelo FAA20-E414 para 4 lâmpadas de 14W e reatores com dissipação de 30W. Nesta opção o iluminamento atingiu 743lux, ficando acima do limite inferior da norma e com a classificação **E** junto ao PROCEL.

Na opção 3 a luminária foi substituída por 1 luminária modelo FAA04-E228 para 2 lâmpadas de 28W e 1 reator com dissipação de 60W.

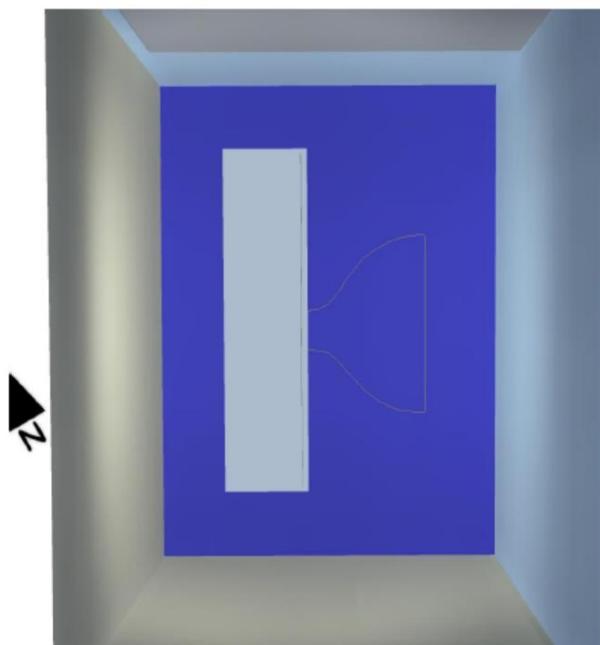
Os dados da lâmpada, do reator e da luminária da opção 3 estão nas tabelas 5 e 7 e no anexo F, respectivamente. O resumo do cálculo luminotécnico da opção 3, que é a melhor opção, está no apêndice W.

A figura 81 apresenta a simulação da opção 3. Devido à paginação do forro, a luminária foi instalada fora do centro.

A figura 82 mostra a representação de cores falsas da opção 3, onde é possível verificar a iluminância próximo às paredes e sobre o plano de trabalho. A iluminância na sala é de 470lux.

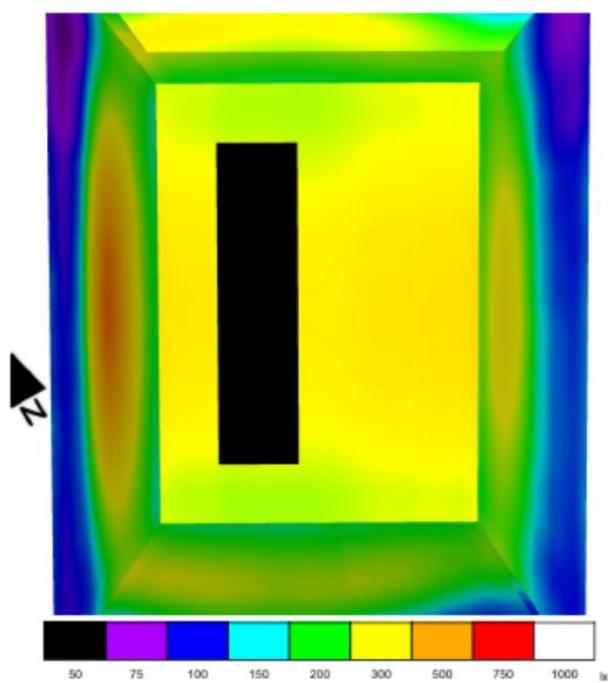
Nesta configuração e com a divisão de circuitos, a classificação da sala junto ao PROCEL é **A**.

Figura 81 - Sala de Apoio 2 - Opção 3



Fonte: Elaborado pelo autor, 2014.

Figura 82 - Sala de Apoio 2 - Opção 3 - Representação de cores falsas



Fonte: Elaborado pelo autor, 2014.

4.9.4 Salas de LAN, arquivo, ar condicionado, copa e circulação

As salas de LAN, arquivo, ar condicionado, copa, circulação e banheiros, por serem de menor importância e de ocupação temporária, não tiveram os sistemas de iluminação simulados.

5 RESULTADOS

O quadro 2 mostra os resultados das simulações nos escritórios de Implementação, Manutenção, Salas de Reunião e Salas de Apoio.

O quadro 3 mostra a potência instalada inicial e final, bem como o percentual de economia com as propostas de substituição.

A tabela 15 mostram a classificação final de cada ambiente do escritório segundo o RTQ-C após aplicação das melhorias propostas.

A figura 83 mostra o comparativo do entre a classificação inicial e final.

Quadro 2 – Resumo das simulações

PARÂMETRO	IMPLEMENTAÇÃO									MANUTENÇÃO				SALA REUNIÃO 1						SALA DE REUNIÃO 2			SALA REUNIÃO 3			APOIO 1			APOIO 2						
	OPÇÃO									OPÇÃO				OPÇÃO						OPÇÃO			OPÇÃO			OPÇÃO									
	ATUAL	1	2	3	4	5	6	7	8	ATUAL	1	2	3	ATUAL	1	2	3	4	5	6	ATUAL	1	2	ATUAL	1	2	ATUAL	1	2	ATUAL	1	2	ATUAL	1	2
LÂMPADAS	4x16W	4x14W	4x16W	4x14W	4x14W	4x14W	4x16W	4x16W	4x14W	4x14W	4x14W	4x14W	4x28W	4x16W	4x14W	4x14W	4x16W	4x16W	4x14W	4x16W	4x14W	4x14W	4x16W	4x14W	4x14W	2x28W									
LUMINÁRIA	CAA01	FAA20	CAA01	FAA20	FAA20	FAA20	CAA01	CAA01	FAA20	FAA20	FAA20	FAA20	FAA04	CAA01	FAA20	FAA20	CAA01	CAA01	FAA20	CAA01	FAA20	FAA20	CAA01	FAA20	FAA20	FAA04									
QUANTIDADE DE LUMINÁRIAS	27	27	23	21	21	22	25	25	22	34	34	27	25	5	2	2	3	3	3	1	6	4	4	6	2	2	2	1	2	1	1	2	1		
ILUMINÂNCIA MÉDIA (lx)	461	567	501	415	420	443	510	510	480	486	616	512	507	773	372	437	620	595	677	535	592	445	477	1095	450	491	642	376	696	412	388	743	470		
ILUMINÂNCIA MÍNIMA (lx)	14	27	26	25	25	26	27	27	17	41	48	109	29	378	131	204	300	279	231	228	155	204	111	712	242	299	354	244	432	195	256	555	372		
ILUMINÂNCIA MÁXIMA (lx)	987	1141	904	883	884	873	927	927	735	1319	1541	900	745	1066	646	735	899	765	1161	920	819	560	766	1257	568	680	825	456	887	555	466	840	550		
FLUXO LUMINOSO TOTAL (lm)	83659	110484	94116	85932	85932	90024	102300	102300	90024	105349	139128	110484	102300	15492	6197	8184	12276	12276	12276	9465	18591	16368	16368	18591	6197	8184	6197	4092	8184	3098	4092	8184	4481		
POTÊNCIA POR REATOR (W)	35 ⁽¹⁾	34	34	34	34	34	34	31	30	35 ⁽¹⁾	34	34	30	35 ⁽¹⁾	35 ⁽¹⁾	30	30	30	60	35 ⁽¹⁾	30	30	35 ⁽¹⁾	35 ⁽¹⁾	30	35 ⁽¹⁾	30	30	35 ⁽¹⁾	30	30	60			
POTÊNCIA POR LUMINÁRIA (W)	70	68	68	68	68	68	68	62	60	70	68	68	60	70	70	60	60	60	120	70	60	60	70	70	60	70	60	60	70	60	60	60			
POTÊNCIA TOTAL DE ILUMINAÇÃO DO AMBIENTE(W)	1890	1836	1564	1428	1428	1496	1700	1550	1320	2380	2312	1836	1500	350	140	120	180	180	180	120	420	240	240	420	140	120	140	60	120	70	60	120	60		
REDUÇÃO DA INSTALADA POTÊNCIA (%)	-	-2,86	-17,25	-24,44	-24,44	-20,85	-10,05	-17,99	-30,16	-	-2,86	-22,86	-36,97	-	-60	-65,71	-48,57	-48,57	-48,57	-65,71	-	-42,86	-42,86	-	-66,67	-71,43	-	-57,14	-14,29	-	-14,29	71,43	-14,29		

(1) - Valor informado no corpo do equipamento

Fonte: Elaborado pelo autor, 2014.

Quadro 3 - Comparativo de potências elétricas

Item	Potência (W)			% de Economia
	Inicial	Final	Diferença	
Potência total instalada	6678	4488	2190	32,79%
Potência total dos ambientes modificados	5670	3480	2190	38,62%
Potência total dos ambientes não modificados	1008	1008	0	0%
Potência total das lâmpadas nos ambientes modificados	5184	3248	1936	37,35%
Perdas totais nos reatores nos ambientes modificados	486	232	254	52,26%

Fonte: Elaborado pelo autor, 2014.

Tabela 15 - Classificação Final do Escritório

AMBIENTE	ATIVIDADE	TIPO DE LÂMPADAS					POTÊNCIA TOTAL (W)	ÁREA (m ²)	DENSIDADE DE POTÊNCIA DE ILUMINAÇÃO LIMITE ⁽³⁾				POTÊNCIA DE ILUMINAÇÃO LIMITE				DPI Calculado (W/m ²)	CLASSIFICAÇÃO PRÉVIA	PRÉ-REQUISITOS			POTÊNCIA (W)		CLASS. FINAL	CLASS. FINAL		
		4x16W (60W)	4x28W (120W)	2x60W (60W)	2 x 32W (58W) ⁽¹⁾	1 x 26W (26W) ⁽²⁾			DPI _L - Nível A (W/m ²)	DPI _L - Nível B (W/m ²)	DPI _L - Nível C (W/m ²)	DPI _L - Nível D (W/m ²)	PI _L - Nível A (W)	PI _L - Nível B (W)	PI _L - Nível C (W)	PI _L - Nível D (W)			DIVISÃO DE CIRCUITOS	CONT. LUZ NATURAL	DESLIGAMENTO AUTOMÁTICO	CLASSIFICAÇÃO MÁXIMA POSSÍVEL COM OS PRÉ-REQUISITOS	PONDERADA PELOS PRÉ-REQUISITOS NÃO ATENDIDOS			PONDERADA PELOS PRÉ-REQUISITOS ATENDIDOS	
Sala de Reunião 1	Escritório		1				120	15,79	11,9	14,28	16,66	19,04	187,90	225,48	263,06	300,64	7,60	A	SIM	N/A	N/A	A	-	600	A		
Sala de Reunião 2	Escritório	4					240	23,42	11,9	14,28	16,66	19,04	278,70	334,44	390,18	445,92	10,25	A	SIM	N/A	N/A	A	-	1200	A		
Sala de Reunião 3	Escritório	2					120	9,39	11,9	14,28	16,66	19,04	111,74	134,09	156,44	178,79	12,78	B	SIM	SIM	N/A	B	-	600	B		
Apoio 1	Escritório	2					120	7,44	11,9	14,28	16,66	19,04	88,54	106,24	123,95	141,66	16,13	C	SIM	SIM	N/A	C	-	600	C		
Apoio 2	Escritório			1			60	5,88	11,9	14,28	16,66	19,04	69,97	83,97	97,96	111,96	10,20	A	SIM	N/A	N/A	A	-	300	A		
Is. Feminino	Banheiros				2		116	8,63	5	6	7	8	43,15	51,78	60,41	69,04	13,44	E	SIM	N/A	N/A	E	-	580	E		
Is. Masculino	Banheiros				2		116	8,63	5	6	7	8	43,15	51,78	60,41	69,04	13,44	E	SIM	N/A	N/A	E	-	580	E		
Is. Deficiente	Banheiros				1		58	5,92	5	6	7	8	29,60	35,52	41,44	47,36	9,80	E	SIM	N/A	N/A	E	-	290	E		
Escritório Manutenção	Escritório	25					1500	153,81	11,9	14,28	16,66	19,04	1830,34	2196,41	2562,47	2928,54	9,75	A	SIM	SIM	N/A	A	-	7500	A	A	
Escritório Implementação	Escritório	22					1320	134,04	11,9	14,28	16,66	19,04	1595,08	1914,09	2233,11	2552,12	9,85	A	SIM	SIM	N/A	A	-	6600	A		
LAN	Casa de Máquinas	2					140	7,0	6	7,2	8,4	9,6	42,00	50,40	58,80	67,20	20,00	E	SIM	SIM	N/A	E	-	700	E		
Arquivo	Área de arquivamento	2					140	9,44	7,8	9,36	10,92	12,48	73,63	88,36	103,08	117,81	14,83	E	SIM	N/A	N/A	E	-	700	E		
Ar Condicionado 1	Casa de Máquinas				1		58	6,41	6	7,2	8,4	9,6	38,46	46,15	53,84	61,54	9,05	D	SIM	N/A	N/A	D	-	290	D		
Ar Condicionado 2	Casa de Máquinas				1		58	6,41	6	7,2	8,4	9,6	38,46	46,15	53,84	61,54	9,05	D	SIM	N/A	N/A	D	-	290	D		
Copa	Cozinhas	2					140	12,41	10,7	12,84	14,98	17,12	132,79	159,34	185,90	212,46	11,28	B	SIM	N/A	N/A	B	-	700	B		
Circulação	Circulação					7	182	24,03	7,1	8,52	9,94	11,36	170,61	204,74	238,86	272,98	7,57	B	SIM	N/A	N/A	B	-	910	B		
Total		61	1	1	7	7	4488	438,65	-	-	-	-	4774,12	5728,94	6683,76	7638,58	-	A	-	-	-	-	0	22440	-		
EqNum																											5

(1) - Potência registrada nos reatores

(2) - Potência registrada na lâmpada

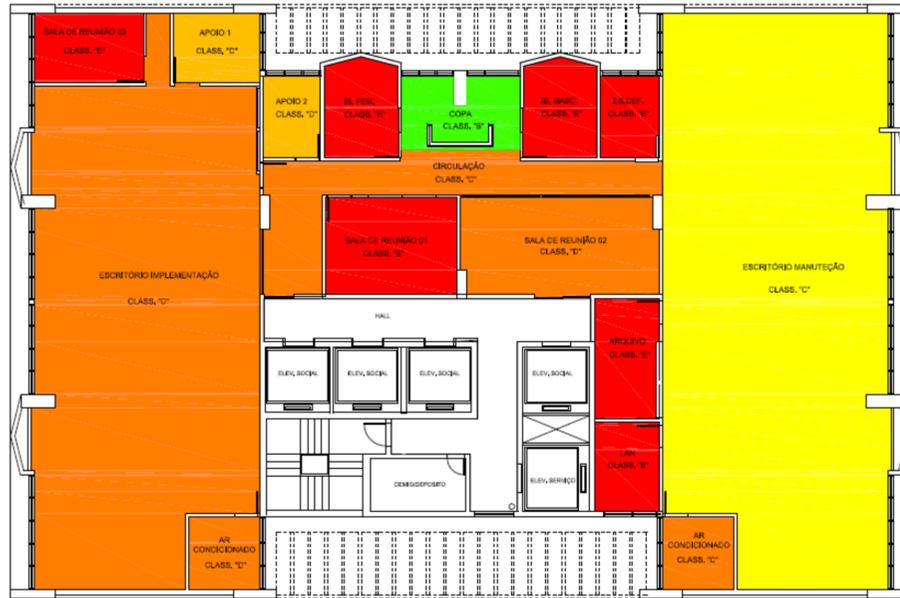
(3) - Fonte: RTQ-C, 2009

Legenda:

	- Classificação A
	- Classificação B
	- Classificação C
	- Classificação D
	- Classificação E

Fonte: Elaborado pelo autor, 2014.

Figura 83 – Comparativo entre a classificação inicial e final do escritório



CLASSIFICAÇÃO INICIAL PROCEL: **C**



CLASSIFICAÇÃO FINAL PROCEL: **A**

Legenda:



Fonte: Elaborado pelo autor, 2014.

6 CONCLUSÕES

Este trabalho teve foco na aplicação da ABNT NBR ISO/CIE 8995/2013 e do RTQ-C. Estudos complementares podem ser realizados para avaliar o custo/benefício e o tempo de retorno do investimento.

Especificamente no escritório de Implementação e nas salas de Reunião 2 e 3 e sala de Apoio 2 as opções escolhidas foram as que obtiveram maior redução da potência elétrica instalada, mesmo que o iluminamento não tenha atingido o limite inferior de 500lux. Nos quatro casos o iluminamento ficou dentro da faixa de tolerância inferior a 10%.

Considerando as escolhas da opção 8 no escritório de Implementação, da opção 3 no escritório de Manutenção, da opção 6 na sala de Reunião 1, da opção 2 na sala de Reunião 2, da opção 2 na Sala de Reunião 3, da opção 2 na Sala de Apoio 1 e da opção 3 na Sala de Apoio 2, a redução da potência instalada foi de 2.190W, que corresponde a 32,79% da potência instalada inicialmente. 88,4% da redução correspondem à troca das lâmpadas e 11,6% correspondem troca dos reatores.

Os reatores são equipamentos auxiliares e representam perdas de energia. Na situação inicial estas perdas representavam 7,28% da energia consumida. Após as intervenções propostas, as perdas nos reatores passaram a representar 5,17% de toda a energia consumida no sistema de iluminação.

A economia total poderia chegar a 36,27% caso os reatores não tivessem perdas, o que na prática ainda não é possível.

A eficiência do sistema de iluminação está diretamente ligada às perdas nos reatores, conforme se observou nos resultados obtidos.

Percentuais de economia maiores podem ser obtidos com a substituição dos conjuntos de lâmpadas, reatores e luminárias nos ambientes que não foram simulados.

Comparando a classificação inicial com a final pode-se observar que:

- A sala de reunião 1 passou de E para A. Neste caso houve substituição das lâmpadas, luminárias e reatores.

- A sala de reunião 2 passou de D para A. Neste caso houve substituição das lâmpadas, luminárias e reatores.
- A sala de reunião 3 passou de E para B. Neste caso houve substituição das lâmpadas, luminárias e reatores. Houve também a divisão de circuitos para individualizar a sala e controlar separadamente as luminárias próximas às janelas.
- A sala de apoio 1 passou de D para C. Neste caso houve substituição das lâmpadas, luminárias e reatores e a divisão de circuitos para individualizar a sala e controlar separadamente a luminária próxima à janela.
- A sala de apoio 2 passou de D para A. Neste caso houve substituição das lâmpadas, luminária e reator e a divisão de circuitos para individualizar a sala e controlar separadamente a luminária próxima à janela.
- Os banheiros não sofreram alteração e permaneceram com a mesma classificação E.
- O escritório de manutenção passou de C para A. Neste caso houve substituição das lâmpadas, luminárias e reatores. Houve também a divisão de circuitos para controlar separadamente as luminárias próximas às janelas.
- O Escritório de implementação passou de D para A. Neste caso houve substituição das lâmpadas, luminárias e reatores. Houve também a divisão de circuitos para individualizar a sala e controlar separadamente as luminárias próximas às janelas.
- As salas de LAN e Arquivo não sofreram alteração e permaneceram com a mesma classificação E.
- As salas de ar condicionado não sofreram alteração nas luminárias e permaneceram com a mesma classificação D.
- A copa não sofreu modificação e permaneceu com a mesma classificação B.
- A circulação passou de D para B. Neste caso não houve substituição das lâmpadas, luminárias e reatores, mas a divisão de circuitos.

Para garantir a classificação A no sistema de iluminação não bastará a troca das lâmpadas, reatores e luminárias. É preciso atender também aos pré-requisitos de divisão de circuitos e aproveitamento da luz natural nos ambientes ainda não atendidos.

Através das simulações pode-se notar também que um número excessivo de luminárias não garante que o ambiente esteja bem iluminado. É preciso que as

luminárias estejam corretamente dimensionadas e uniformemente distribuídas em função do leiaute, da geometria e das dimensões do ambiente.

Sugere-se que as condições de conforto dos usuários e, principalmente a manutenção do sistema de iluminação, deveriam ter enfoque específico, até mesmo como um pré-requisito na classificação dos ambientes. Os resultados mostraram que luminárias apagadas, janelas abertas, persianas danificadas e o próprio leiaute dificultaram as medições e a distribuição das luminárias nas simulações. Mesmo que as edificações atinjam a classificação A em projetos de sistemas de iluminação, é preciso ter comprometimento de mantê-lo e revisá-lo periodicamente. No contrário, a efficientização energética será comprometida.

O sistema de ar condicionado também deverá apresentar uma redução no consumo de energia devido a redução da carga térmica por aquecimento dos reatores e lâmpadas.

Este trabalho além de gerar uma referência bibliográfica que facilita a compreensão e a manutenção da eficiência energética do sistema de iluminação, pode ser utilizado para despertar o interesse dos gestores e usuários para um maior e melhor da iluminação natural.

7 REFERÊNCIAS

- ABNT. (1985). *ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5382: Verificação de Iluminância de interiores*. Rio de Janeiro.
- ABNT. (2005). *ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15220: Desempenho térmico de edificações - Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social*. Rio de Janeiro.
- ABNT. (2005b). *ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR15215-4: Iluminação natural - Parte 4: Verificação experimental das condições de iluminação interna de edificações*. Rio de Janeiro.
- ABNT. (2013). *ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO/CIE 8995-1: Iluminação de Ambientes de Trabalho*. Rio de Janeiro.
- ASSIS, E. S. (s.d.). *Sistemas Tecnológicos em Conforto Ambiental*. Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Arquitetura - Labcon, Belo Horizonte.
- BOOTH, W. C., COLOMB, G. G., & WILLIAMS, J. M. (2005). *A Arte da Pesquisa*. São Paulo: Martins Fonseca.
- BRASIL. (1992). *Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*. Acesso em 14 de ago. de 2014, disponível em Normas Climatológicas do Brasil 1961-1990.
- BRASIL. (2009). *Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO)*. Acesso em 08 de mar. de 2014, disponível em Portaria 163 de 08 de junho de 2009. Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C): <http://www.inmetro.gov.br/rtac/pdf/RTAC001462.pdf>
- BRASIL. (2010). *Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO)*. Acesso em 2014 de mar. de 8, disponível em Portaria nº 372 de

17 de setembro de 2010.:
<http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC001599.pdf>

BRASIL. (2012). *Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO)*. Acesso em 04 de jun. de 2014, disponível em Portaria n.º 17 de 16 de janeiro de 2012. Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C):
<http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC001787.pdf>

BRASIL. (2012). *Projeção da demanda de energia elétrica para os próximos 10 anos (2013-2022)*. Brasília: Empresa de Pesquisa Energética.

BRASIL. (2013a). *Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2013*. Ministério de Minas e Energia. Brasília: Empresa de Pesquisa Energética.

BRASIL. (2013b). *Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO)*. Acesso em 8 de mar. de 2014, disponível em Portaria n.º 299, de 19 de junho de 2013. Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C):
<http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC001982.pdf>

BRASIL. (2014). *Ministério de Minas e Energia*. Acesso em 29 de jan. de 2014, disponível em Empresa de Pesquisa Energética:
<http://www.epe.gov.br/Paginas/default.aspx>

CEMIG, C. E. (2013). *Relatório Anual e de Sustentabilidade 2013*. Belo Horizonte. Acesso em 04 de jun. de 2014, disponível em
http://cemig.foinvest.com.br/fck_temp/27_11/file/CEMIG_Relatorio_Anual_Sustentabilidade_2013.pdf

CENTRO BRASILEIRO DE INFORMAÇÃO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA. (2014). *PROCEL EDIFICA - Eficiência Energética nas Edificações*. Acesso em 28 de mar. de 2014, disponível em Procel info:
<http://www.procelinfo.com.br/data/Pages/LUMIS623FE2A5ITEMIDC46E0FFD BD124A0197D2587926254722LUMISADMIN1PTBRIE.htm>

DIAL. (2014). Acesso em 2 de abr. de 2014, disponível em DIAL light building software:
<http://www.dial.de/DIAL/de/dialux.html>

- ELETROBRÁS/PROCEL. (2001). *Conservação de Energia. Eficiência Energética de Instalações e Equipamentos* (2ª ed.). Itajubá: EFEI.
- ELETROBRÁS/PROCEL EDIFICA. (2011). *Iluminação Natural e Artificial*. Rio de Janeiro.
- FERREIRA, C. C., & SOUZA, R. V. (out./dez. de 2013). Desenvolvimento de modelos matemáticos para a determinação da disponibilidade de luz natural no crepúsculo para a cidade de Belo Horizonte. *Ambiente Construído*, 13, 41-57.
- GELLER, H. S. (2003). *Revolução Energética: Políticas para um futuro sustentável*. (M. V. BARBOSA, Trad.) Rio de Janeiro: Relume Dumará.
- Instituto Nacional de Metrologia, N. e. (2009). Brasília.
- LUMICENTER. (2014). Acesso em 24 de abr. de 2014, disponível em Lumicenter Lighting: <http://www.lumicenteriluminacao.com.br/pt/catalogo.html>
- MARCONI, M. d., & LAKATOS, E. M. (2003). *Fundamentos de Metodologia Científica* (5ª ed.). São Paulo: Atlas.
- MOREIRA, V. d. (1987). *ILUMINAÇÃO & FOTOMETRIA - teoria e aplicação* (3ª ed.). São Paulo: Edgard Blücher Ltda.
- OSRAM. (2014). *Osram*. Acesso em 18 de abr. de 2014, disponível em http://www.osram.com.br/osram_br/
- PBH. (2014). *Prefeitura de Belo Horizonte. Bairros de Belo Horizonte - 2010*. Acesso em 14 de ago. de 2014, disponível em http://www.pbh.gov.br/smpl/HTA_M007.pdf
- PHILIPS. (2014). *PHILIPS Iluminação*. Acesso em 2 de abr. de 2014, disponível em <http://www.lighting.philips.com.br/>
- ROCHA, L. R., & MONTEIRO, M. A. (2005). *Guia Técnico Procel: Gestão Energética*. Rio de Janeiro: Eletrobrás.
- ROMÉRO, M. d., & Junior, A. P. (2000). XXII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental. *A Conservação de Energia como Instrumento de Política e Gestão*. Porto Alegre: ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental.

- SOUZA, R. V. (2014). *TAU 515 - Iluminação Natural*. Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Arquitetura - Labcon, Belo Horizonte.
- SOUZA, R. V., VELOSO, A. C., LEITE, P. R., & SOARES, C. P. (outubro de 2010). EXPERIÊNCIA DE APLICAÇÃO DO RTQ-C NO LABCON – UFMG. *Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído*. Canela - RS.
- SYLVANIA. (2010). *Soluções em iluminação*. Acesso em 7 de abr. de 2014, disponível em <http://www.sylvania.com.br>

8 APÊNDICES

Apêndice A – Escritório de Implementação – Atual - Cálculo Luminotécnico

Apêndice B - Escritório de Implementação – Opção 1 - Cálculo Luminotécnico

Apêndice C - Escritório de Implementação – Opção 2 - Cálculo Luminotécnico

Apêndice D - Escritório de Implementação – Opção 3 - Cálculo Luminotécnico

Apêndice E - Escritório de Implementação – Opção 4 - Cálculo Luminotécnico

Apêndice F - Escritório de Implementação – Opção 5 - Cálculo Luminotécnico

Apêndice G - Escritório de Implementação – Opção 6 - Cálculo Luminotécnico

Apêndice H - Escritório de Implementação – Opção 7 - Cálculo Luminotécnico

Apêndice I - Escritório de Implementação – Opção 8 - Cálculo Luminotécnico

Apêndice J - Escritório de Manutenção – Atual - Cálculo Luminotécnico

Apêndice K - Escritório de Manutenção – Opção 1- Cálculo Luminotécnico

Apêndice L - Escritório de Manutenção – Opção 2- Cálculo Luminotécnico

Apêndice M - Escritório de Manutenção – Opção 3 - Cálculo Luminotécnico

Apêndice N – Sala de Reunião 1 – Atual - Cálculo Luminotécnico

Apêndice O – Sala de Reunião 1 – Opção 6 - Cálculo Luminotécnico

Apêndice P – Sala de Reunião 2 – Atual - Cálculo Luminotécnico

Apêndice Q – Sala de Reunião 2 – Opção 2 - Cálculo Luminotécnico

Apêndice R – Sala de Reunião 3 – Atual - Cálculo Luminotécnico

Apêndice S – Sala de Reunião 3 – Opção 2 - Cálculo Luminotécnico

Apêndice T – Sala de Apoio 1 – Atual - Cálculo Luminotécnico

Apêndice U - Sala de Apoio 1 – Opção 2 - Cálculo Luminotécnico

Apêndice V – Sala de Apoio 2 – Atual - Cálculo Luminotécnico

Apêndice W - Sala de Apoio 2 – Opção 3 - Cálculo Luminotécnico

Apêndice X – Comparativo das normas ABNT NBR 5382/1985 e ABNT NBR15215-4/2005

Apêndice A – Escritório de Implementação – Atual - Cálculo Luminotécnico

Escritório comercial em BH

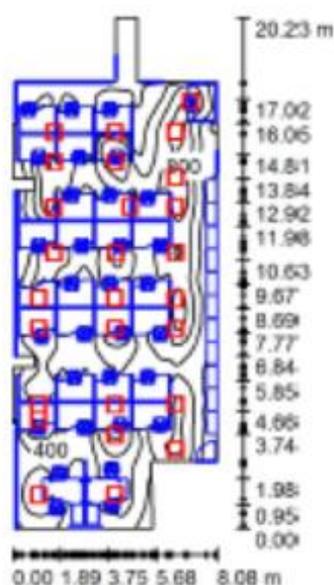
DIALux

08.08.2014

TIM Celular SA

Av. Rêja Gabregica, 1781, Luxemburgo
Belo Horizonte - MGEditor(s)
Telefone
Fax
e-Mail

Escritório Implementação / Luz Artificial / Resumo



Altura da sala: 2.400 m, Altura de montagem: 2.400 m

Valores em Lux, Escala 1:260

Superfície	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano de uso	/	461	14	987	0.031
Solo	20	240	8.44	727	0.035
Tecto	80	124	24	226	0.198
Paredes (23)	68	100	3.95	1289	/

Plano de uso:

Altura: 0.700 m

Grelha: 128 x 128 Pontos

Zona marginal: 0.000 m

Proporção de potência luminosa (segundo LG7): Paredes / Plano de uso: 0.217, Tecto / Plano de uso: 0.269.

Lista de luminárias

N°	Unid.	Denominação (Factor de correção)	Φ (Luminária) [lm]	Φ (Lâmpadas) [lm]	P [W]
1	27	LUMICENTER CAAD1-E416 (Tipo 1) (1.000)	3098	4280	70.0

*Dados técnicos alterados

Total: 83659 Total: 115560 1890.0

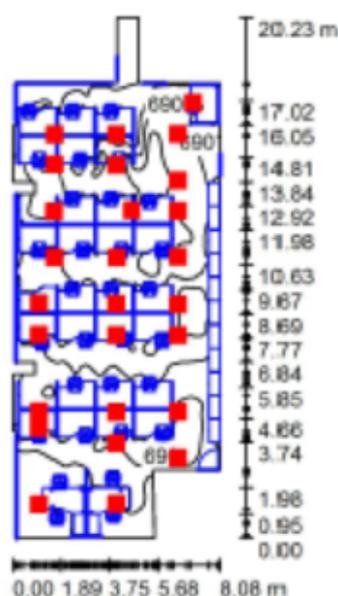
Potência específica: 13.92 W/m² = 3.02 W/m²/100 lx (Superfície básica: 135.79 m²)

Apêndice B - Escritório de Implementação – Opção 1 - Cálculo Luminotécnico

TIM Celular SA

Av. Raja Gabaglia, 1781, Luxemburgo
Belo Horizonte - MGEditor(a)
Telefone
Fax
e-Mail

Escritório Implementação - Otimização - Opção 1 / Luz Artificial / Resumo



Altura da sala: 2.400 m, Altura de montagem: 2.400 m

Valores em Lux, Escala 1:260

Superfície	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano de uso	/	567	27	1141	0.047
Solo	20	290	11	868	0.038
Tecto	80	168	32	316	0.191
Paredes (23)	68	151	5.98	1556	/

Plano de uso:

Altura: 0.700 m
Grelha: 128 x 128 Pontos
Zona marginal: 0.000 m

Proporção de potência luminosa (segundo LG7): Paredes / Plano de uso: 0.276, Tecto / Plano de uso: 0.297.

Lista de luminárias

N°	Unid.	Denominação (Factor de correção)	Φ (Luminária) [lm]	Φ (Lâmpadas) [lm]	P [W]
1	27	LUMICENTER FAA20-E414 (1.000)	4092	5400	68.0
			Total: 110484	Total: 145800	1836.0

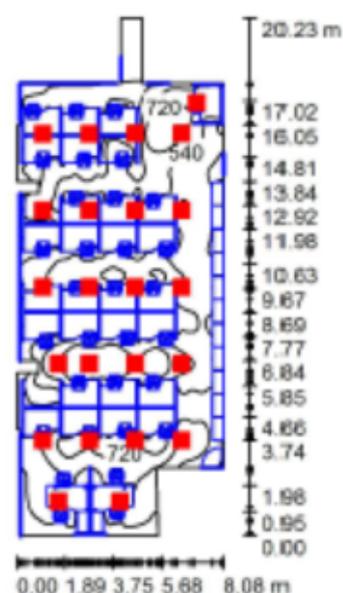
Potência específica: 13.52 W/m² = 2.38 W/m²/100 lx (Superfície básica: 135.79 m²)

Apêndice C - Escritório de Implementação – Opção 2 - Cálculo Luminotécnico

TIM Celular SA

Av. Raja Gabaglia, 1781, Luxemburgo
Belo Horizonte - MGEditor(a)
Telefone
Fax
e-Mail

Escritório Implementação - Otimização - Opção 2 / Luz Artificial / Resumo



Altura da sala: 2.400 m, Altura de montagem: 2.400 m

Valores em Lux, Escala 1:260

Superfície	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano de uso	/	501	26	904	0.051
Solo	20	256	7.93	655	0.031
Tecto	80	138	29	257	0.209
Paredes (23)	68	134	5.31	747	/

Plano de uso:

Altura: 0.700 m
 Greiha: 128 x 128 Pontos
 Zona marginal: 0.000 m

Proporção de potência luminosa (segundo LG7): Paredes / Plano de uso: 0.259, Tecto / Plano de uso: 0.276.

Lista de luminárias

N°	Unid.	Denominação (Factor de correção)	Φ (Luminária) [lm]	Φ (Lâmpadas) [lm]	P [W]
1	23	LUMICENTER FAA20-E414 (1.000)	4092	5400	68.0
			Total: 94116	Total: 124200	1564.0

Potência específica: 11.52 W/m² = 2.30 W/m²/100 lx (Superfície básica: 135.79 m²)

Apêndice D - Escritório de Implementação – Opção 3 - Cálculo Luminotécnico

TIM Celular SA

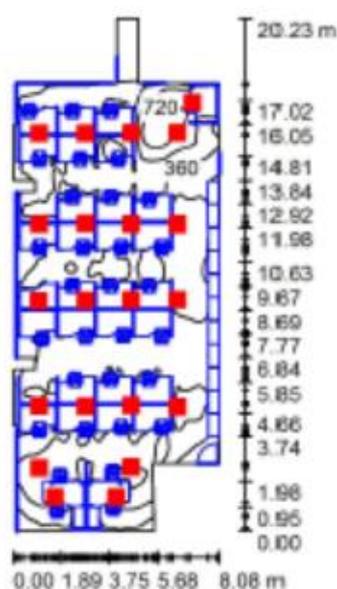
Av. Raja Gabaglia, 1781, Luxemburgo
Belo Horizonte - MG

Editor(a)

Telefone

Fax

e-Mail

Escritório Implementação - Otimização - Opção 3 / Luz Artificial / Resumo


Altura da sala: 2.400 m, Altura de montagem: 2.400 m

Valores em Lux, Escala 1:260

Superfície	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano de uso	/	415	25	883	0.059
Solo	20	208	7.13	628	0.034
Tecto	80	140	27	250	0.196
Paredes (23)	68	131	4.42	695	/

Plano de uso:

Altura: 0.700 m
 Grelha: 128 x 128 Pontos
 Zona marginal: 0.000 m

Proporção de potência luminosa (segundo LG7): Paredes / Plano de uso: 0.311, Tecto / Plano de uso: 0.337.

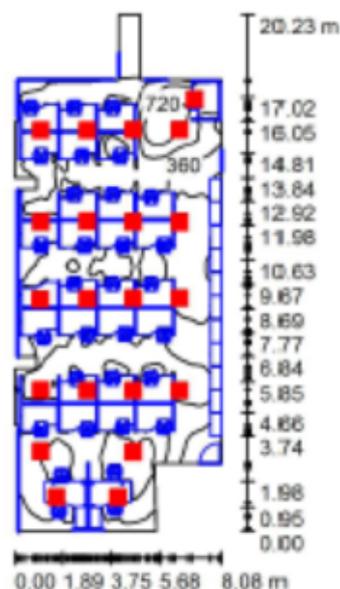
Lista de luminárias

N°	Unid.	Denominação (Factor de correcção)	Φ (Luminária) [lm]	Φ (Lâmpadas) [lm]	P [W]
1	21	LUMICENTER FAA20-E414 (1.000)	4092	5400	68.0
			Total: 85932	Total: 113400	1428.0

Potência específica: 10.52 W/m² = 2.53 W/m²/100 lx (Superfície básica: 135.79 m²)

Apêndice E - Escritório de Implementação – Opção 4 - Cálculo Luminotécnico

TIM Celular SA

Av. Raja Gabaglia, 1781, Luxemburgo
Belo Horizonte - MGEditor(a)
Telefone
Fax
e-Mail**Escritório Implementação - Otimização - Opção 4 / Luz Artificial / Resumo**

Altura da sala: 2.400 m, Altura de montagem: 2.400 m

Valores em Lux, Escala 1:260

Superfície	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano de uso	/	420	25	884	0.059
Solo	20	212	6.82	625	0.032
Tecto	80	139	28	251	0.199
Paredes (23)	68	125	4.57	622	/

Plano de uso:

Altura: 0.700 m
 Grelha: 128 x 128 Pontos
 Zona marginal: 0.000 m

Proporção de potência luminosa (segundo LG7): Paredes / Plano de uso: 0.295, Tecto / Plano de uso: 0.330.

Lista de luminárias

N°	Unid.	Denominação (Factor de correcção)	Φ (Luminária) [lm]	Φ (Lâmpadas) [lm]	P [W]
1	21	LUMICENTER FAA20-E414 (1.000)	4092	5400	68.0
			Total: 85932	Total: 113400	1428.0

Potência específica: 10.52 W/m² = 2.50 W/m²/100 lx (Superfície básica: 135.79 m²)

Apêndice F - Escritório de Implementação – Opção 5 - Cálculo Luminotécnico

TIM Celular SA

Av. Raja Gabaglia, 1751, Luxemburgo
Belo Horizonte - MG

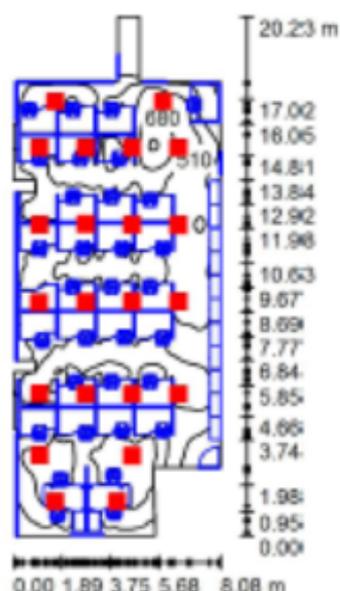
Editor(a)

Telefone

Fax

e-Mail

Escritório Implementação - Otimização - Opção 5 / Luz Artificial / Resumo



Altura da sala: 2.400 m, Altura de montagem: 2.400 m

Valores em Lux, Escala 1:260

Superfície	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano de uso	/	443	26	873	0.060
Solo	20	225	7.20	625	0.032
Tecto	80	141	24	250	0.168
Paredes (23)	68	125	4.71	585	/

Plano de uso:

Altura: 0.700 m

Grelha: 128 x 128 Pontos

Zona marginal: 0.000 m

Proporção de potência luminosa (segundo LG7): Paredes / Plano de uso: 0.266, Tecto / Plano de uso: 0.317.

Lista de luminárias

N°	Unid.	Denominação (Factor de correção)	Φ (Luminária) [lm]	Φ (Lâmpadas) [lm]	P [W]
1	22	LUMICENTER FAA20-E414 (1.000)	4092	5400	68.0
			Total: 90024	Total: 118800	1496.0

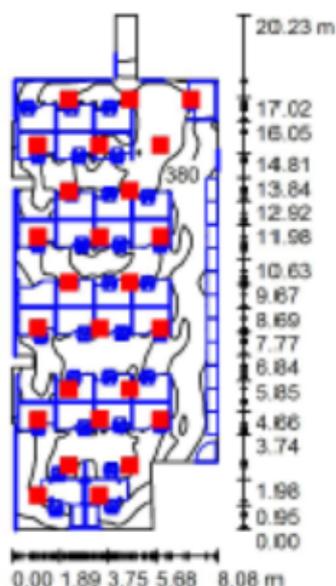
Potência específica: 11.02 W/m² = 2.49 W/m²/100 lx (Superfície básica: 135.79 m²)

Apêndice G - Escritório de Implementação – Opção 6 - Cálculo Luminotécnico

TIM Celular SA

Av. Raja Gabaglia, 1781, Luxemburgo
Belo Horizonte - MGEditor(a)
Telefone
Fax
e-Mail

Escritório Implementação - Otimização - Opção 6 / Luz Artificial / Resumo



Altura da sala: 2.400 m, Altura de montagem: 2.400 m

Valores em Lux, Escala 1:260

Superfície	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano de uso	/	510	27	927	0.052
Solo	20	258	9.16	771	0.036
Tecto	80	151	57	272	0.380
Paredes (23)	68	148	5.25	683	/

Plano de uso:

Altura: 0.700 m
Grelha: 128 x 128 Pontos
Zona marginal: 0.000 m

Proporção de potência luminosa (segundo LG7): Paredes / Plano de uso: 0.275, Tecto / Plano de uso: 0.296.

Lista de luminárias

N°	Unid.	Denominação (Factor de correcção)	Φ (Luminária) [lm]	Φ (Lâmpadas) [lm]	P [W]
1	25	LUMICENTER FAA20-E414 (1.000)	4092	5400	68.0
			Total: 102300	Total: 135000	1700.0

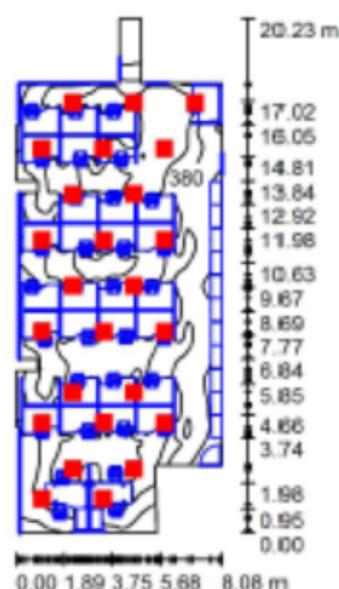
Potência específica: 12.52 W/m² = 2.45 W/m²/100 lx (Superfície básica: 135.79 m²)

Apêndice H - Escritório de Implementação – Opção 7 - Cálculo Luminotécnico

TIM Celular SA

Av. Raja Gabaglia, 1781, Luxemburgo
Belo Horizonte - MGEditor(a)
Telefone
Fax
e-Mail

Escritório Implementação - Otimização - Opção 7 / Luz Artificial / Resumo



Altura da sala: 2.400 m, Altura de montagem: 2.400 m

Valores em Lux, Escala 1:260

Superfície	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano de uso	/	510	27	927	0.053
Solo	20	257	9.15	771	0.036
Tecto	80	151	57	272	0.380
Paredes (23)	68	148	5.24	683	/

Plano de uso:

Altura: 0.700 m
 Greiha: 128 x 128 Pontos
 Zona marginal: 0.000 m

Proporção de potência luminosa (segundo LG7): Paredes / Plano de uso: 0.275, Tecto / Plano de uso: 0.296.

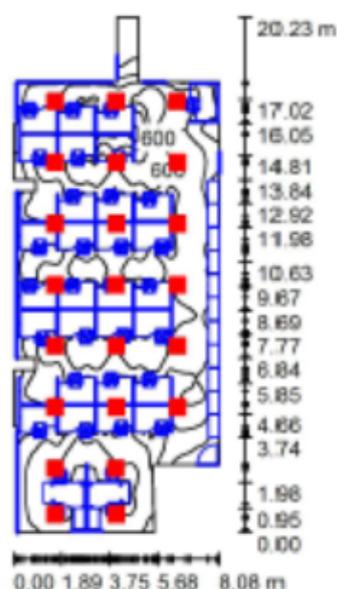
Lista de luminárias

N°	Unid.	Denominação (Factor de correcção)	∅ (Luminária) [lm]	∅ (Lâmpadas) [lm]	P [W]
1	25	LUMICENTER FAA20-E414 (Tipo 1)* (1.000)	4092	5400	60.0
*Dados técnicos alterados			Total: 102300	Total: 135000	1500.0

Potência específica: 11.05 W/m² = 2.17 W/m²/100 lx (Superfície básica: 135.79 m²)

Apêndice I - Escritório de Implementação – Opção 8 - Cálculo Luminotécnico

TIM Celular SA

Av. Raja Gabaglia, 1781, Luxemburgo
Belo Horizonte - MGEditor(a)
Telefone
Fax
e-MailEscritório Implementação - Otimização - Opção 8 / Luz Artificial / Resumo

Altura da sala: 2.400 m, Altura de montagem: 2.400 m

Valores em Lux, Escala 1:260

Superfície	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano de uso	/	480	17	735	0.035
Solo	20	244	11	610	0.046
Tecto	80	134	49	239	0.366
Paredes (23)	68	134	4.92	651	/

Plano de uso:

Altura: 0.700 m
 Greiha: 128 x 128 Pontos
 Zona marginal: 0.000 m

Proporção de potência luminosa (segundo LG7): Paredes / Plano de uso: 0.261, Tecto / Plano de uso: 0.278.

Lista de luminárias

N°	Unid.	Denominação (Factor de correção)	Φ (Luminária) [lm]	Φ (Lâmpadas) [lm]	P [W]
1	22	LUMICENTER FAA20-E414 (Tipo 1) (1.000)	4092	5400	60.0
			Total: 90024	Total: 118800	1320.0

*Dados técnicos alterados

Potência específica: 9.72 W/m² = 2.02 W/m²/100 lx (Superfície básica: 135.79 m²)

Apêndice J - Escritório de Manutenção – Atual - Cálculo Luminotécnico

Escritório comercial em BH

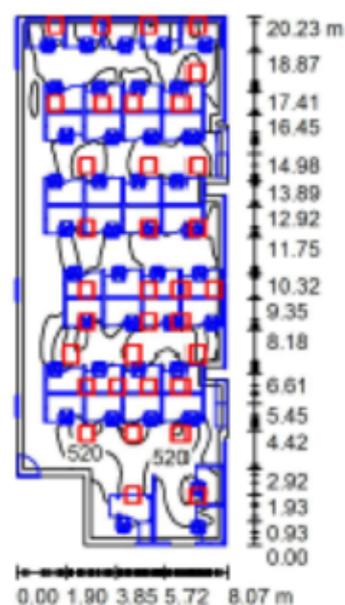
DIALux

10.09.2014

TIM Celular SA

Av. Raja Gabaglia, 1781, Luxemburgo
Belo Horizonte - MGEditoria)
Telefone
Fax
e-Mail

Escritório Manutenção / Resumo



Altura da sala: 2.400 m, Altura de montagem: 2.400 m

Valores em Lux, Escala 1:260

Superfície	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano de uso	/	486	41	1319	0.085
Solo	20	229	11	993	0.048
Tecto	80	144	58	370	0.400
Paredes (23)	69	119	12	1960	/

Plano de uso:

Altura: 0.700 m
 Grelha: 128 x 128 Pontos
 Zona marginal: 0.250 m

Proporção de potência luminosa (segundo LG7): Paredes / Plano de uso: 0.280, Tecto / Plano de uso: 0.296.

Lista de luminárias

N°	Unid.	Denominação (Factor de correção)	Φ (Luminária) [lm]	Φ (Lâmpadas) [lm]	P [W]
1	34	LUMICENTER CAA01-E416 (Tipo 1)* (1.000)	3098	4280	70.0

*Dados técnicos alterados

Total: 105349 Total: 145520 2380.0

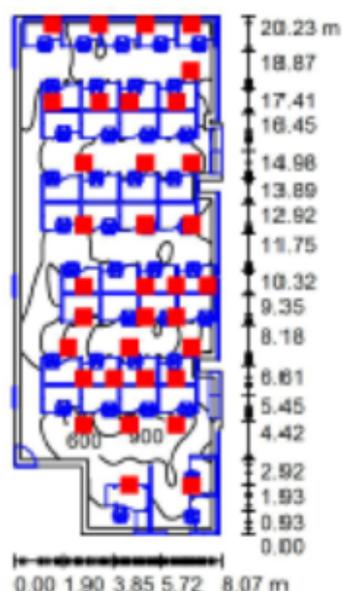
Potência específica: 15.51 W/m² = 3.19 W/m²/100 lx (Superfície básica: 153.42 m²)

Apêndice K - Escritório de Manutenção – Opção 1- Cálculo Luminotécnico

TIM Celular SA

Av. Raja Gabaglia, 1781, Luxemburgo
Belo Horizonte - MGEditor(a)
Telefone
Fax
e-Mail

Escritório Manutenção- Otimização - Opção 1 / Luz Artificial / Resumo



Altura da sala: 2.400 m, Altura de montagem: 2.400 m

Valores em Lux, Escala 1:260

Superfície	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano de uso	/	616	48	1541	0.078
Solo	20	291	17	1161	0.058
Tecto	80	187	66	481	0.354
Paredes (23)	69	187	18	2585	/

Plano de uso:

Altura: 0.700 m
Grelha: 128 x 128 Pontos
Zona marginal: 0.250 m

Proporção de potência luminosa (segundo LG7): Paredes / Plano de uso: 0.323, Tecto / Plano de uso: 0.302.

Lista de luminárias

N°	Unid.	Denominação (Factor de correcção)	Φ (Luminária) [lm]	Φ (Lâmpadas) [lm]	P [W]
1	34	LUMICENTER FAA20-E414 (1.000)	4092	5400	68.0
			Total: 139128	Total: 183600	2312.0

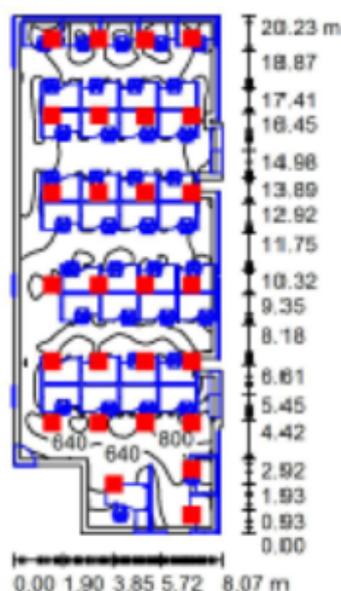
Potência específica: 15.07 W/m² = 2.45 W/m²/100 lx (Superfície básica: 153.42 m²)

Apêndice L - Escritório de Manutenção – Opção 2 - Cálculo Luminotécnico

TIM Celular SA

Av. Raja Gabaglia, 1781, Luxemburgo
Belo Horizonte - MGEditor(a)
Telefone
Fax
e-Mail

Escritório Manutenção- Otimização - Opção 2 / Luz Artificial / Resumo



Altura da sala: 2.400 m, Altura de montagem: 2.400 m

Valores em Lux, Escala 1:260

Superfície	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano de uso	/	512	109	900	0.214
Solo	20	240	16	713	0.067
Tecto	80	155	60	251	0.386
Paredes (23)	69	166	14	3545	/

Plano de uso:

Altura: 0.700 m
 Grelha: 128 x 128 Pontos
 Zona marginal: 0.250 m

Proporção de potência luminosa (segundo LG7): Paredes / Plano de uso: 0.350, Tecto / Plano de uso: 0.303.

Lista de luminárias

N°	Unid.	Denominação (Factor de correcção)	Φ (Luminária) [lm]	Φ (Lâmpadas) [lm]	P [W]
1	27	LUMICENTER FAA20-E414 (1.000)	4092	5400	68.0
			Total: 110484	Total: 145800	1836.0

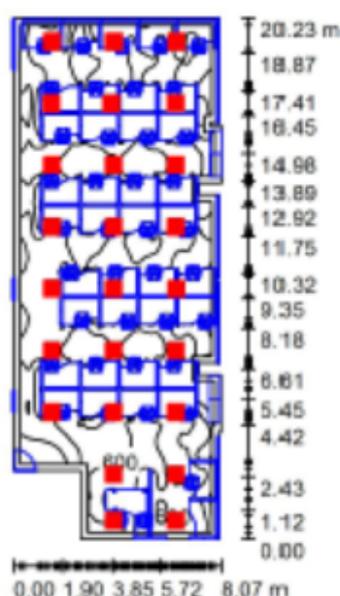
Potência específica: 11.97 W/m² = 2.34 W/m²/100 lx (Superfície básica: 153.42 m²)

Apêndice M - Escritório de Manutenção – Opção 3 - Cálculo Luminotécnico

TIM Celular SA

Av. Raja Gabaglia, 1781, Luxemburgo
Belo Horizonte - MGEditor(a)
Telefone
Fax
e-Mail

Escritório Manutenção- Otimização - Opção 3 / Luz Artificial / Resumo



Altura da sala: 2.400 m, Altura de montagem: 2.400 m

Valores em Lux, Escala 1:260

Superfície	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano de uso	/	507	29	745	0.056
Solo	20	241	13	631	0.055
Tecto	80	141	52	216	0.370
Paredes (23)	69	155	13	650	/

Plano de uso:

Altura: 0.700 m
 Grelha: 128 x 128 Pontos
 Zona marginal: 0.250 m

Proporção de potência luminosa (segundo LG7): Paredes / Plano de uso: 0.331, Tecto / Plano de uso: 0.277.

Lista de luminárias

N°	Unid.	Denominação (Factor de correcção)	Φ (Luminária) [lm]	Φ (Lâmpadas) [lm]	P [W]
1	25	LUMICENTER FAA20-E414 (Tipo 1)* (1.000)	4092	5400	60.0

*Dados técnicos alterados

Total: 102300 Total: 135000 1500.0

Potência específica: $9.78 \text{ W/m}^2 = 1.93 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Superfície básica: 153.42 m^2)

Apêndice N – Sala de Reunião 1 – Atual - Cálculo Luminotécnico

TIM Celular SA

Av. Raja Gabaglia, 1781, Luxemburgo
Belo Horizonte - MG

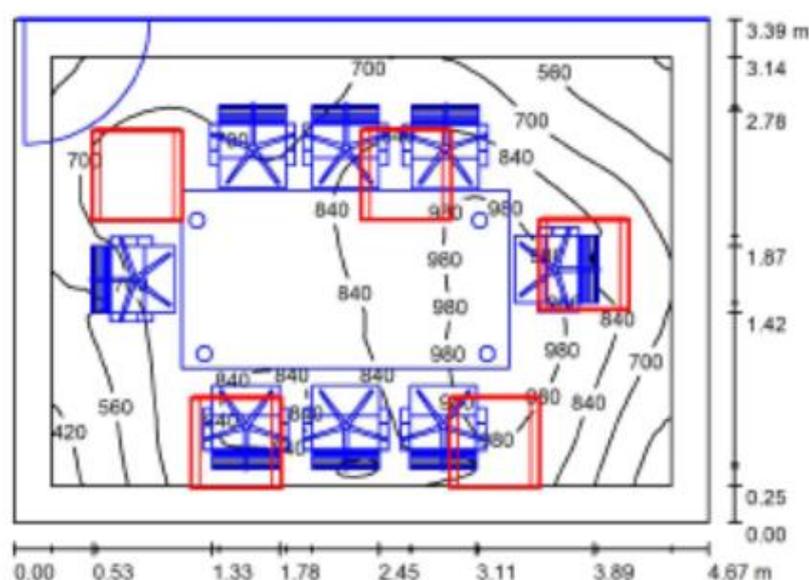
Editor(e)

Telefone

Fax

e-Mail

Sala de Reunião 1 / Resumo



Altura da sala: 2.400 m, Altura de montagem: 2.400 m

Valores em Lux, Escala 1:44

Superfície	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano de uso	/	773	378	1066	0.488
Solo	20	371	64	708	0.174
Tecto	80	190	37	253	0.192
Paredes (5)	76	268	122	1080	/

Plano de uso:

Altura: 0.700 m

Grelha: 128 x 128 Pontos

Zona marginal: 0.250 m

Proporção de potência luminosa (segundo LG7): Paredes / Plano de uso: 0.405, Tecto / Plano de uso: 0.246.

Lista de luminárias

N°	Unid.	Denominação (Factor de correcção)	∅ (Luminária) [mm]	∅ (Lâmpadas) [mm]	P [W]
1	5	LUMICENTER CAAD1-E416 (Tipo 1)* (1.000)	3098	4280	70.0
Total:			15492	21400	350.0

*Dados técnicos alterados

Potência específica: 22.12 W/m² = 2.86 W/m²/100 lx (Superfície básica: 15.82 m²)

Apêndice O – Sala de Reunião 1 – Opção 6 - Cálculo Luminotécnico

TIM Celular SA

Av. Raja Gabaglia, 1781, Luxemburgo
Belo Horizonte - MG

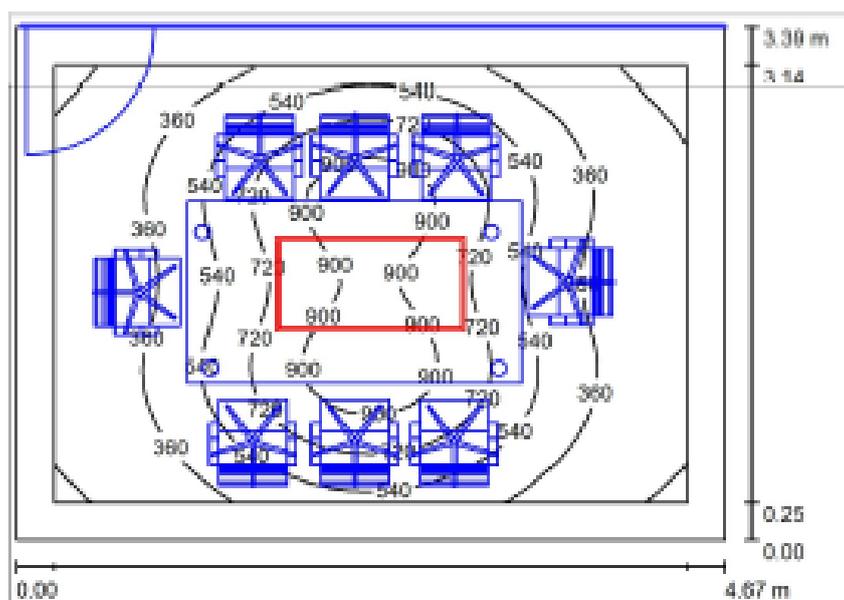
Editor(a)

Telefone

Fax

e-Mail

Sala de Reunião 1 - Otimização - Opção 6 / Resumo



Altura da sala: 2.400 m, Altura de montagem: 2.400 m

Valores em Lux, Escala 1:44

Superfície	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano de uso	/	515	131	1016	0.255
Solo	20	160	22	408	0.138
Tecto	70	79	40	107	0.511
Paredes (5)	74	120	46	341	/

Plano de uso:

Altura: 0.850 m
 Greiha: 32 x 32 Pontos
 Zona marginal: 0.250 m

Proporção de potência luminosa (segundo LG7): Paredes / Plano de uso: 0.208, Tecto / Plano de uso: 0.153.

Lista de luminárias

N°	Unid.	Denominação (Factor de correcção)	Φ (Luminária) [lm]	Φ (Lâmpadas) [lm]	P [W]
1	1	LUMICENTER FAAD4-E428 (Tipo 1) (1.000)	9465	11600	120.0

*Dados técnicos alterados

Total: 9465

Total: 11600

120.0

Potência específica: 7.58 W/m² = 1.47 W/m²/100 lx (Superfície básica: 15.82 m²)

Apêndice P – Sala de Reunião 2 – Atual - Cálculo Luminotécnico

Escritório comercial em BH

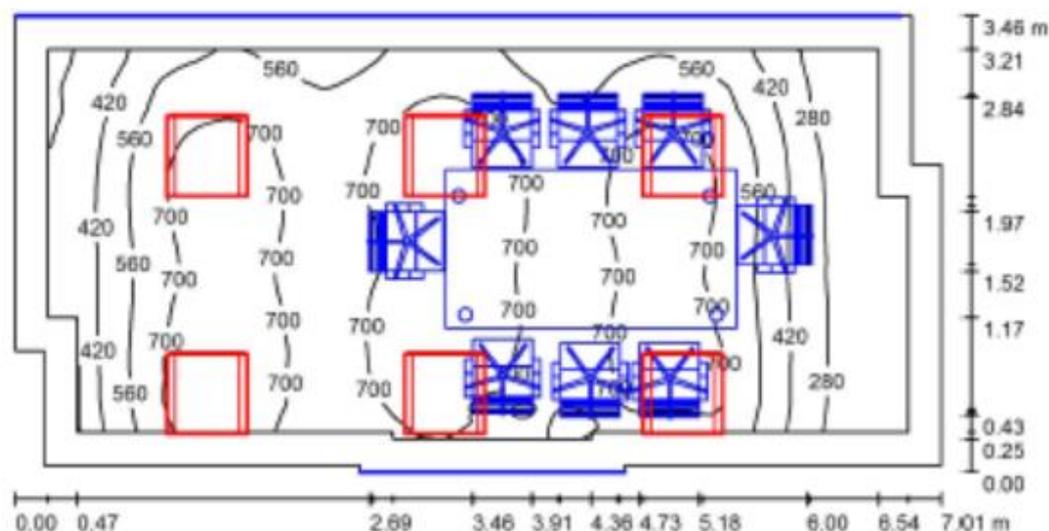
DIALux

10.09.2014

TIM Celular SA

Av. Raja Gabaglia, 1781, Luxemburgo
Belo Horizonte - MGEditor(a)
Telefone
Fax
e-Mail

Sala de Reunião 2 / Resumo



Altura da sala: 2.400 m, Altura de montagem: 2.400 m

Valores em Lux, Escala 1:51

Superfície	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano de uso	/	592	155	819	0.261
Solo	20	345	38	648	0.110
Tecto	80	119	33	230	0.282
Paredes (12)	68	149	53	1014	/

Plano de uso:

Altura: 0.700 m
 Greiha: 128 x 128 Pontos
 Zona marginal: 0.250 m

Proporção de potência luminosa (segundo LG7): Paredes / Plano de uso: 0.329, Tecto / Plano de uso: 0.200.

Lista de luminárias

N°	Unid.	Denominação (Factor de correção)	Φ (Luminária) [lm]	Φ (Lâmpadas) [lm]	P [W]
1	6	LUMICENTER CAAD1-E416 (Tipo 1)* (1.000)	3096	4280	70.0

*Dados técnicos alterados

Total: 18591 Total: 25680 420.0

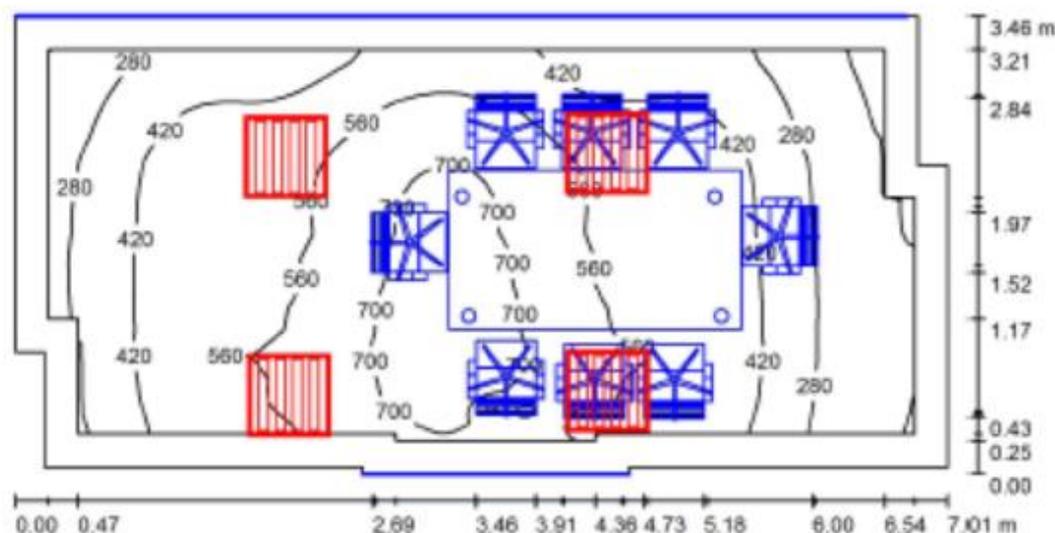
Potência específica: 17.85 W/m² = 3.01 W/m²/100 lx (Superfície básica: 23.53 m²)

Apêndice Q – Sala de Reunião 2 – Opção 2 - Cálculo Luminotécnico

TIM Celular SA

Av. Raja Gabaglia, 1781, Luxemburgo
Belo Horizonte - MGEditor(a)
Telefone
Fax
e-Mail

Sala de Reunião 2 - Otimização - Opção 2 / Resumo



Altura da sala: 2.400 m, Altura de montagem: 2.400 m

Valores em Lux, Escala 1:51

Superfície	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano de uso	/	477	111	766	0.232
Solo	20	256	18	562	0.071
Tecto	80	78	17	157	0.213
Paredes (12)	68	111	36	1034	/

Plano de uso:

Altura: 0.700 m
 Grelha: 128 x 128 Pontos
 Zona marginal: 0.250 m

Proporção de potência luminosa (segundo LG7): Paredes / Plano de uso: 0.286, Tecto / Plano de uso: 0.163.

Lista de luminárias

N°	Unid.	Denominação (Factor de correcção)	⌀ (Luminária) [lm]	⌀ (Lâmpadas) [lm]	P [W]
1	4	LUMICENTER FAA20-E414 (Tipo 1)* (1.000)	4092	5400	60.0

*Dados técnicos alterados

Total: 16368 Total: 21600 240.0

Potência específica: 10.20 W/m² = 2.14 W/m²/100 lx (Superfície básica: 23.53 m²)

Apêndice R – Sala de Reunião 3 – Atual - Cálculo Luminotécnico

Escritório comercial em BH

DIALux

10.09.2014

TIM Celular SA

Av. Raja Gabaglia, 1781, Luxemburgo
Belo Horizonte - MG

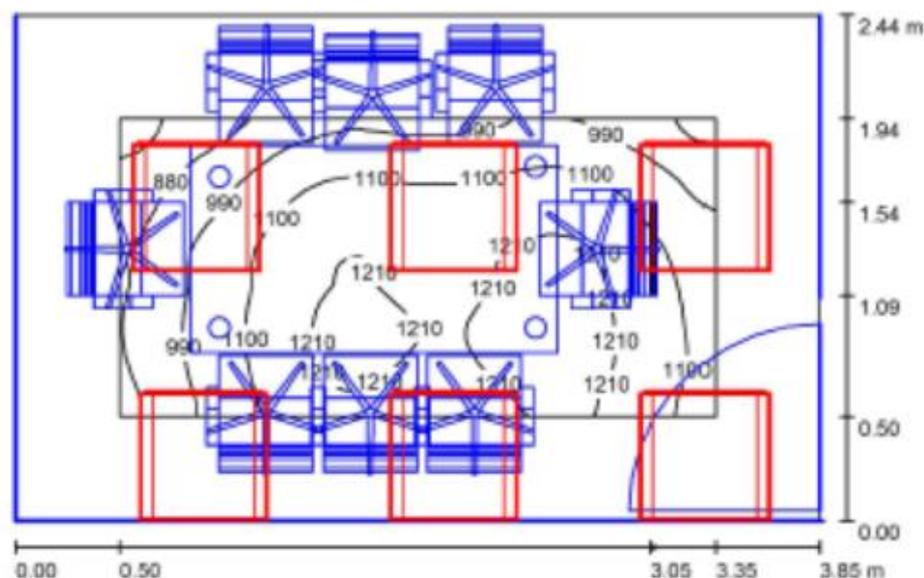
Editor(a)

Telefone

Fax

e-Mail

Sala de Reunião 3 / Resumo



Altura da sala: 2.400 m, Altura de montagem: 2.400 m

Valores em Lux, Escala 1:32

Superfície	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano de uso	/	1095	712	1257	0.650
Solo	20	397	46	922	0.115
Tecto	80	118	47	197	0.400
Paredes (4)	73	311	78	562	/

Plano de uso:

Altura: 0.700 m
 Greija: 128 x 64 Pontos
 Zona marginal: 0.500 m

Proporção de potência luminosa (segundo LG7): Paredes / Plano de uso: 0.305, Tecto / Plano de uso: 0.108.

Lista de luminárias

N°	Unid.	Denominação (Factor de correcção)	Φ (Luminária) [mm]	Φ (Lâmpadas) [mm]	P [W]
1	6	LUMICENTER CAA01-E416 (Tipo 1)* (1.000)	3098	4280	70.0
*Dados técnicos alterados			Total: 18591	Total: 25680	420.0

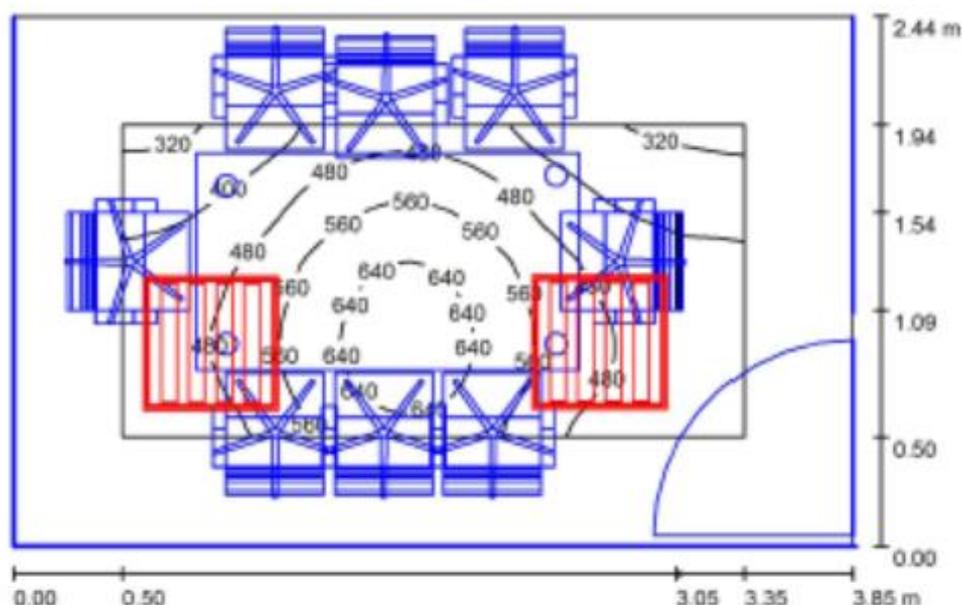
Potência específica: 44.74 W/m² = 4.08 W/m²/100 lx (Superfície básica: 9.39 m²)

Apêndice S – Sala de Reunião 3 – Opção 2 - Cálculo Luminotécnico

TIM Celular SA

Av. Raja Gabaglia, 1781, Luxemburgo
Belo Horizonte - MGEditor(a)
Telefone
Fax
e-Mail

Sala de Reunião 3 - Otimização - Opção 2 / Luz Artificial / Resumo



Altura da sala: 2.400 m, Altura de montagem: 2.400 m

Valores em Lux, Escala 1:32

Superfície	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano de uso	/	491	299	680	0.610
Solo	20	153	23	338	0.151
Tecto	80	65	29	93	0.442
Paredes (4)	73	167	28	340	/

Plano de uso:

Altura: 0.700 m
 Grelha: 128 x 64 Pontos
 Zona marginal: 0.500 m

Proporção de potência luminosa (segundo LG7): Paredes / Plano de uso: 0.305, Tecto / Plano de uso: 0.133.

Lista de luminárias

N°	Unid.	Denominação (Factor de correcção)	⊕ (Luminária) [lm]	⊕ (Lâmpadas) [lm]	P [W]
1	2	LUMICENTER FAA20-E414 (Tipo 1) (1.000)	4092	5400	60.0
*Dados técnicos alterados			Total: 8184	Total: 10800	120.0

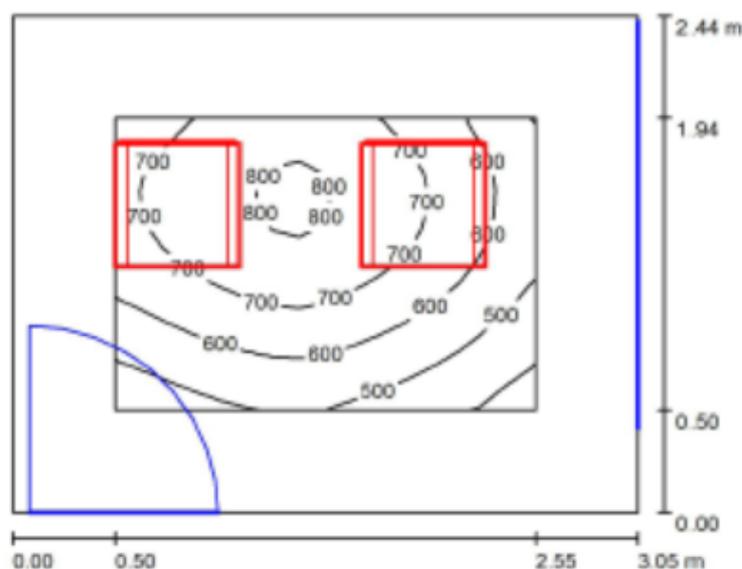
Potência específica: 12.78 W/m² = 2.61 W/m²/100 lx (Superfície básica: 9.39 m²)

Apêndice T – Sala de Apoio 1 – Atual - Cálculo Luminotécnico

TIM Celular SA
 Av. Raja Gabaglia, 1781, Luxemburgo
 Belo Horizonte - MG

Editor(e)
 Telefone
 Fax
 e-Mail

Apoio 1 / Resumo



Altura da sala: 2.400 m, Altura de montagem: 2.400 m

Valores em Lux, Escala 1:32

Superfície	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano de uso	/	642	354	825	0.552
Solo	20	417	238	577	0.572
Tecto	80	103	17	147	0.164
Paredes (4)	74	215	65	478	/

Plano de uso:

Altura: 0.700 m
 Grelha: 16 x 16 Pontos
 Zona marginal: 0.500 m

Proporção de potência luminosa (segundo LG7): Paredes / Plano de uso: 0.337, Tecto / Plano de uso: 0.161.

Lista de luminárias

N°	Unid.	Denominação (Factor de correcção)	Φ (Luminária) [lm]	Φ (Lâmpadas) [lm]	P [W]
1	2	LUMICENTER CAAD1-E416 (Tipo 1) (1.000)	3098	4280	70.0
*Dados técnicos alterados			Total: 6197	Total: 8560	140.0

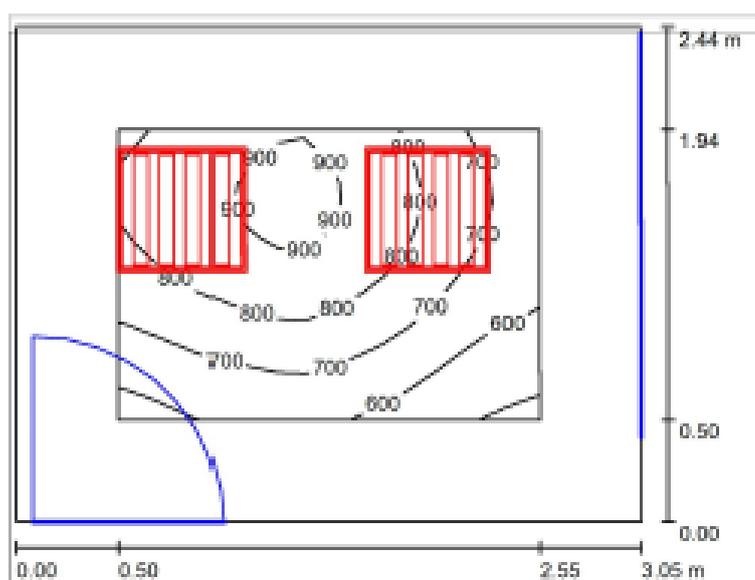
Potência específica: $18.81 \text{ W/m}^2 = 2.93 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Superfície básica: 7.44 m^2)

Apêndice U – Sala de Apoio 1 – Opção 2 - Cálculo Luminotécnico

TIM Celular SA

Av. Raja Gabaglia, 1751, Luxemburgo
Belo Horizonte - MGEditor(a)
Telefone
Fax
e-Mail

Apoio 1 - Otimização - Opção 2 / Resumo



Altura da sala: 2.400 m, Altura de montagem: 2.400 m

Valores em Lux, Escala 1:32

Superfície	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano de uso	/	748	480	941	0.641
Solo	44	528	392	621	0.743
Tecto	86	211	20	292	0.097
Paredes (4)	76	394	131	839	/

Plano de uso:

Altura: 0.700 m
 Grelha: 16 x 16 Pontos
 Zona marginal: 0.500 m

Proporção de potência luminosa (segundo LG7): Paredes / Plano de uso: 0.532, Tecto / Plano de uso: 0.282.

Lista de luminárias

N°	Unid.	Denominação (Factor de correção)	Φ (Luminária) [lm]	Φ (Lâmpadas) [lm]	P [W]
1	2	LUMICENTER FAA20-E414 (Tipo 1)* (1.000)	4092	5400	60.0

*Dados técnicos alterados

Total: 8184 Total: 10800 120.0

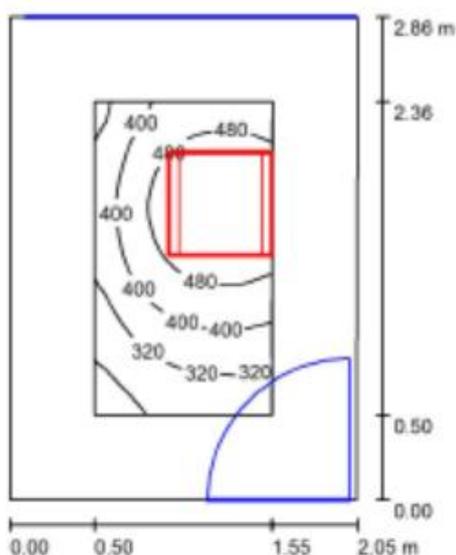
Potência específica: 16.12 W/m² = 2.16 W/m²/100 lx (Superfície básica: 7.44 m²)

Apêndice V – Sala de Apoio 2 – Atual - Cálculo Luminotécnico

TIM Celular SA

Av. Raja Gabaglia, 1781, Luxemburgo
Belo Horizonte - MGEditor(a)
Telefone
Fax
e-Mail

Apoio 2 / Resumo



Altura da sala: 2.400 m, Altura de montagem: 2.400 m

Valores em Lux, Escala 1:37

Superfície	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano de uso	/	412	195	555	0.474
Solo	20	246	130	323	0.526
Tecto	80	57	20	75	0.351
Paredes (4)	74	120	38	252	/

Plano de uso:

Altura: 0.700 m
 Grelha: 32 x 32 Pontos
 Zona marginal: 0.500 m

Proporção de potência luminosa (segundo LG7): Paredes / Plano de uso: 0.253, Tecto / Plano de uso: 0.137.

Lista de luminárias

N°	Unid.	Denominação (Factor de correção)	Φ (Luminária) [lm]	Φ (Lâmpadas) [lm]	P [W]
1	1	LUMICENTER CAAD1-E416 (Tipo 1)* (1.000)	3098	4260	70.0
			Total: 3098	Total: 4260	70.0

*Dados técnicos alterados

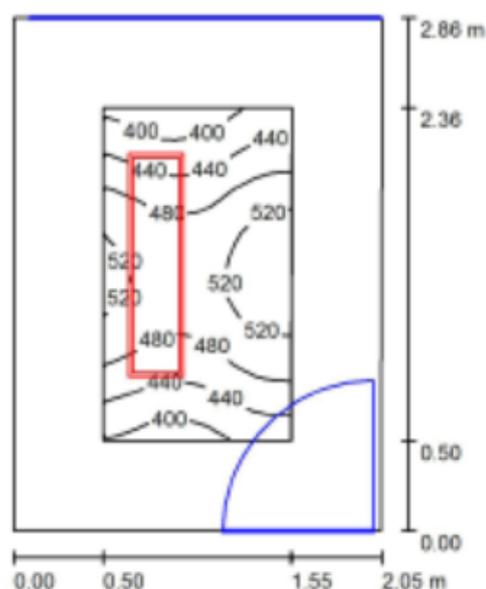
Potência específica: $11.96 \text{ W/m}^2 = 2.90 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Superfície básica: 5.85 m^2)

Apêndice W – Sala de Apoio 2 – Opção 3 - Cálculo Luminotécnico

TIM Celular SA

Av. Raja Gabaglia, 1781, Luxemburgo
Belo Horizonte - MGEditor(a)
Telefone
Fax
e-Mail

Apoio 2 - Otimização - Opção 3 / Resumo



Altura da sala: 2.400 m, Altura de montagem: 2.400 m

Valores em Lux, Escala 1:37

Superfície	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano de uso	/	470	372	550	0.791
Solo	20	317	259	389	0.816
Tecto	80	101	48	134	0.472
Paredes (4)	74	214	64	585	/

Plano de uso:

Altura: 0.700 m
 Grelha: 16 x 16 Pontos
 Zona marginal: 0.500 m

Proporção de potência luminosa (segundo LG7): Paredes / Plano de uso: 0.447, Tecto / Plano de uso: 0.215.

Lista de luminárias

N°	Unid.	Denominação (Factor de correção)	⊕ (Luminária) [lm]	⊕ (Lâmpadas) [lm]	P [W]
1	1	LUMICENTER FAAD4-E228 (Tipo 1)* (1.000)	4481	5800	60.0
			Total: 4481	Total: 5800	60.0

*Dados técnicos alterados

Potência específica: 10.25 W/m² = 2.18 W/m²/100 lx (Superfície básica: 5.85 m²)

Apêndice X – Comparativo das normas ABNT NBR 5382/1985 e ABNT NBR15215-4/2005

Comparativo entre a ABNT NBR5382/1985 e ABNT NBR15215-4/2005

Bem mais simplificada, a **ABNT NBR5382/1985 - Verificação de Iluminância de Interiores - Procedimento** trata exclusivamente da medição de iluminância de áreas retangulares com distribuição simétrica em duas ou mais fileiras, áreas regulares com uma única luminária no centro, áreas retangulares com linhas contínuas de luminárias e tetos luminosos.

Em todos os casos a iluminância média é calculada a partir da média de amostras de locais próximos às extremidades e ao centro.

Com relação ao equipamento a ser utilizado a norma não traz muitos detalhes, mas recomenda que se utilize um instrumento que possua fotocélula com correção de cosseno e de cor.

Antes de se iniciar as medições é recomendado que fotocélula deva exposta por cerca de 15 min a uma iluminância próxima à da instalação para se estabilizar.

As medidas devem ser obtidas depois da fotocélula ser posicionada a uma distância de 0,8m do piso.

Já a **ABNT NBR15215-4/2005 – Iluminação natural – Parte 4: Verificação experimental das condições de iluminação interna de edificações – Método de medição** – prescreve os métodos para a verificação experimental da condições de iluminância e luminância de ambientes internos.

A norma traz claramente a especificação dos luxímetros, luminancímetros e seus respectivos sensores, inclusive indica os erros máximos aceitáveis que determinam a qualidade do instrumentos.

A norma prescreve os métodos de medição de iluminância em ambientes reais ou modelos físicos em escala.

Nas medições de iluminâncias as condições de céu são consideradas. Desse modo, deve-se fazer várias medições ou simulações em datas próximas ao solstício de verão e de inverno. A quantidade de pontos deve ser de, no mínimo nove pontos, distribuídos em malhas de dimensões simétricas que distam das extremidades em 0,5m.

Nas medições de luminâncias as posições de medição são previamente determinados sendo que em cada uma das posições deve-se fazer, pelo menos cinco medidas.

9 ANEXOS

Anexo A – Projeto elétrico do 2º Andar

Anexo B – Leiaute atual do 2º Pavimento

Anexo C – Catálogo de lâmpadas Sylvania

Anexo D – Catálogo de Luminárias Lumicenter CAA01-E416

Anexo E - Catálogo de Luminárias Lumicenter FAA20-E414

Anexo F - Catálogo de Luminárias Lumicenter FAA04-E

Anexo A – Projeto elétrico do 2º Andar

Anexo B – Leiaute atual do 2º Pavimento



Anexo C – Catálogo de lâmpadas Sylvania



PRODUTO
NOVO



Fluorescente Tubular T5

As lâmpadas fluorescentes T5 Sylvania são um produto de altíssima tecnologia e eficiência energética, possuem maior vida mediana (24.000h), maior rendimento lumens por watt e, ainda, menor depreciação luminosa.

Características

- Alta eficiência luminosa (entre 96 e 103 lm/W)
- Alto IRC (IRC>85)
- Alta vida mediana: 24000h
- Baixo custo de manutenção
- Ideais para iluminação geral de áreas onde existe a necessidade de ótima qualidade de luz, aliada a uma excelente economia de energia
- Utilizam somente reator eletrônico

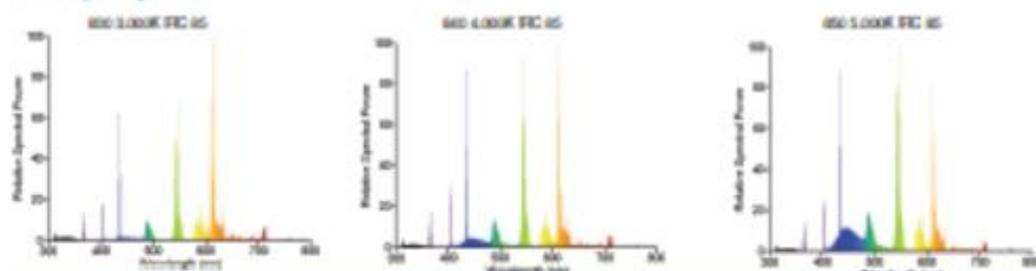


Detalhes das dimensões (mm)



20

Distribuição Espectral



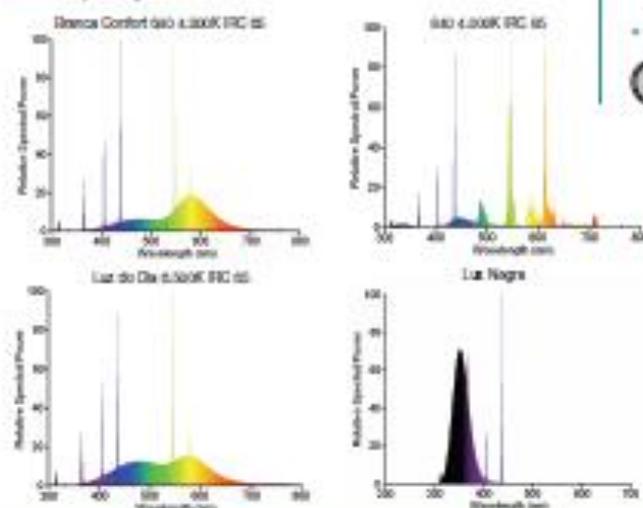
Código de Referência	Potência (Watts)	Diâmetro	Comp. (mm)	Diâm. (mm)	Base	Fluxo Lum. (lm)	Rend. (lm/W)	Temp. de Cor	IRC	Unid. / Caixa	Vida Médiana (horas)
PSA090	14 W - FHE	T-5	563	16	G5	1.350	96	3.000 K	85	25	24.000
PSA091	14 W - FHE	T-5	563	16	G5	1.350	96	4.000K	85	25	24.000
PSA092	14 W - FHE	T-5	563	16	G5	1.250	96	5.000 K	85	25	24.000
PSA093	28 W - FHE	T-5	1.163	16	G5	2.900	103	3.000 K	85	25	24.000
PSA094	28 W - FHE	T-5	1.163	16	G5	2.900	103	4.000K	85	25	24.000
PSA095	28 W - FHE	T-5	1.163	16	G5	2.700	103	5.000 K	85	25	24.000
PSA047	54 W - FHD	T-5	1.163	16	G5	5.000	90	3.000 K	85	25	24.000
PSA045	54 W - FHD	T-5	1.163	16	G5	5.000	90	4.000K	85	25	24.000
PSA048	54 W - FHD	T-5	1.163	16	G5	4.900	90	5.000 K	85	25	24.000
PSA096	80 W - FHD	T-5	1.449	16	G5	7.000	88	4.000K	85	25	24.000
PSA097	80 W - FHD	T-5	1.449	16	G5	6.650	83	5.000 K	85	25	24.000



Fluorescente Tubular T8

As lâmpadas fluorescentes tubulares T8 Sylvania são indicadas para iluminação geral de áreas onde a economia de energia e uma iluminação funcional sejam preponderantes.

Distribuição Espectral



Características

- Bom rendimento e alto fluxo luminoso
- Vida mediana de 7.500 horas
- Disponível nos modelos Designer (4.000K) e Day Light (6.500K)
- IRC até 85 para linha designer
- Baixo custo de manutenção
- Podem ser utilizadas com reatores eletromagnéticos e eletrônicos
- Ideais para iluminação geral de áreas onde exista a necessidade de boa qualidade de luz aliada a economia de energia
- Disponível luz negra para 15W



Código de Ordem	Potência (Watts)	Diâmetro	Comp. (mm)	Diâm. (mm)	Base	Fluxo Lum. (lm)	Reat. (lm/W)	Temp. de Cor	IRC	Unid./ Caixa	Vida Médiana (Horas)
F4P001	15 W	T-8	452	26	G13	-	-	Luz Negra	-	25	7.500
F35063	16 W	T-8	604	26	G13	1.070	67	Branco Confort - 4.000 K	65	25	7.500
F35081	16 W	T-8	604	26	G13	1.200	75	Designer - 4.000K	85	25	7.500
F35084	32 W	T-8	1.214	26	G13	2.100	66	Day Light - 6.500 K	65	25	7.500
F35069	32 W	T-8	1.214	26	G13	2.350	73	Branco Confort - 4.000 K	65	25	7.500
F35068	32 W	T-8	1.214	26	G13	2.700	84	Designer - 4.000K	85	25	7.500

Anexo D – Catálogo de Luminárias Lumicenter CAA01-E416

29/5/2014

Produto - Lumicenter

LUMICENTER
 LUMINARIAS COMERCIAIS

BUSCAR POR:

Luminarias Comerciais

T5

T8

CAA

CAC

CAN

CCC

CCN

CHT

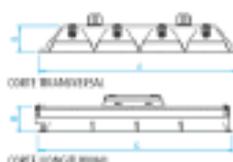
CML

Uso Especifico

Acessorios

Belastos

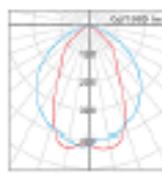
CAA01-E416



CORPO: Em chapa de aço forjada.
REFLETOR: Parabólico em alumínio anodizado com 99,85% de parede.
ALETAS: Parabólicas em alumínio anodizado com 99,85% de parede.

CÓDIGO	OPC	A	B	C	TIPO	REND
CAA01-E416	VIG/ RJ/M	617	62	617	608 X 689	72%

Instalação em forros de gesso, madeira, pvc ou molduras de 1250 x 625 ou 625 x 625, com perfil "C", "C" leve, janelão ou sopradora. Detalhes, sob consulta.



NÚMERO DE LUMINÁRIAS POR ÁREA

Área	4200 kv	
Luminária	300 kv	500 kv
18 metros	23 (6)	16 (6)
Área	Área de Luminária	
18 m ²	1,7	1,9
24 m ²	2,9	3,2
30 m ²	4,0	4,4
40 m ²	5,3	5,8
50 m ²	6,7	7,3

Ambiente com teto branco, paredes brancas e chão escuro. Fator de perda 0,85. Plano de trabalho 0,80.

Dist. (M)	70	50	30	10			
Paredes (%)	50	30	10	50	30	10	0
Chão (%)	20	30	20	20	10		
FCR	Fator de Utilização (%)						
0	84	84	84	81	81	77	77
1	77	75	72	74	71	71	70
2	70	68	65	67	64	62	60
3	63	59	55	61	58	55	54
4	57	53	49	56	52	48	48
5	52	47	44	51	47	43	43
6	48	43	40	47	42	39	38
7	44	39	35	43	39	35	35
8	41	36	32	40	35	32	32
9	38	33	29	37	32	29	29
10	35	30	27	35	30	27	27

Siglas

AC: Com difusor acrílico; ACL: Com difusor acrílico-lâmina; OP: Cor preta; PR: Paredes luminárias fechadas;
 RB: Paredes brancas; O: Opção para ferro-gesso; M: Molde Y80; M: Alumínio preto; OPC: Opções; R: Com resguardos;
 RP: Ripas perfuradas; T: Com tela de proteção; VIG: Com vigas

Anexo E - Catálogo de Luminárias Lumicenter FAA20-E414


 BUSCAR POR:

Luminarias Comerciales

T5

FAA

FAC

FAN

FCC

FCN

FHB

FHT

FML

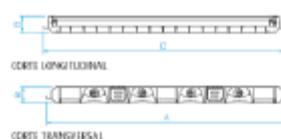
T8

Uso Especifico

Accesorios

Balastos

FAA20-E414



CORTE LONGITUDINAL

CORTE TRANSVERSAL

CORPO: Em chapa de aço fosfatizada

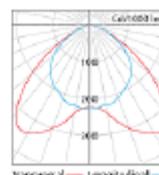
REFLETOR: Parabólico em alumínio com 99,85% de pureza

ALETAS: Parabólicas em alumínio anodizado com 99,85% de pureza. Tecnologia LumiOcio®, côncava na parte superior e inferior e selada na parte superior.

DIFERENCIAL: Curva fotométrica aberta tipo "bat wing".

CÓDIGO	OPC	A	B	C	NCHO	REND
FAA20-E414	M;RP	617	41	617	596 x 596	76%
FAA20-E414RP	M;RP	617	41	617	596 x 596	76%

Instalação em forros de gesso, madeira, pvc ou modulares de 1250 x 625 ou 625 x 625, com perfis "L", "C" leve, javelin ou suprafino. Demais, sob consulta.



NÚMERO DE LUMINÁRIAS POR ÁREA

Fluxo	4800 lm		
Ruminância	300 lx	500 lx	
Pedreixa	2,5 m	3,0 m	3,5 m
Área	Número de luminárias		
10m²	1,5	1,8	2,5
20m²	2,6	2,9	4,1
30m²	3,5	3,9	5,9
40m²	4,5	4,9	7,5
50m²	5,4	5,9	9,1

Ambiente com teto claro, paredes claras e chão escuro. Fator de perda 0,85. Plano de trabalho 0,90.

Teto (%)	70	50	30	10
Parede (%)	50 30 10	50 30 10	50 30 10	0
Chão (%)	20	20	20	0
FCR	Fator de Utilização (Fu)			
0	88	88	88	76
1	79	77	75	67
2	71	67	63	58
3	63	58	54	50
4	56	50	46	43
5	50	44	40	37
6	45	39	35	32
7	41	35	31	28
8	37	31	27	25
9	34	28	24	23
10	31	25	22	20

Siglas

 AC: Com difusor em poliestireno ACL: Com difusor em poliestireno lático CP: Cor preta FP: Facho luminodístico fechado
 FM: Fundo móvel G: Opção para forro gesso M: Mofo V50 MI: Alumínio MiRo OPC: Opcionais R: Com recuperador
 RP: Régua perforada T: Com tela de proteção VIG: Com vigia

Anexo F - Catálogo de Luminárias Lumicenter FAA04-E

Luminarias Comerciales

T5

FAA

FAC

FAN

FCC

FCN

FHB

FHT

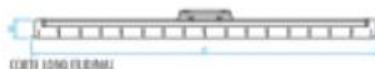
FML

T8

Uso Específico

Accesorios

Balastos

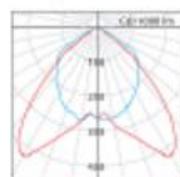
FAA04-E


CORPO: Em chapa de aço fosfatizada.
REFLETOR: Parabólico em alumínio anodizado com 99,85% de pureza.
ALETAS: Parabólicas em alumínio anodizado com 99,85% de pureza, seladas na parte superior.
DIFERENCIAL: Curva fotométrica aberta tipo "bat wing".

CÓDIGO	OPC	A	B	C	NICHO	REND
FAA04-E114	VIQ; R	177	61	617	149 X 582	77%
FAA04-E214	VIQ; R	307	61	617	268 X 582	77%
FAA04-E128	VIQ; R	177	61	1243	149 X 1204	77%
FAA04-E228	VIQ; R	307	61	1243	268 X 1204	77%
FAA04-E428	VIQ; R	617	61	1243	582 X 1204	77%
FAA04-E180*	R	177	61	1524	149 X 1485	77%
FAA04-E280*	R	307	61	1524	268 X 1485	77%

Instalação em forros de gesso, madeira, pvc ou modulares de 1250 x 625 ou 625 x 625, com perfil "Y", "C" leve ou Javelin. - Detalhes, sob consulta.

*Instalação somente em forros de gesso, madeira ou pvc, modelo biscoito com vigia.



horizontal — longitudinal —

NÚMERO DE LUMINÁRIAS POR ÁREA

Plano	5.200 lx			
	300 lx	500 lx		
Plano teto	2,5 m	3,0 m	3,5 m	3,0 m
Área	Número de luminárias			
18 m ²	5,8	5,5	5,2	5,5
26 m ²	2,2	2,5	3,7	4,2
38 m ²	3,1	3,4	5,2	5,7
48 m ²	4,0	4,5	6,6	7,2
58 m ²	4,8	5,2	8,0	8,6

Ambiente com teto plano, paredes claras e chão escuro. Fator de projeto 0,85. Plano de trabalho 0,80.

Teto (%)	70	50	30	0
Parede (%)	50 30 10	50 30 10	50 30 10	0
Chão (%)	20	20	20	0
RCR	Fator de Utilização (%)			
0	90 90 90	86 86 86	82 82 82	77
1	82 80 78	79 77 75	76 74 73	69
2	74 70 67	71 68 65	69 66 64	61
3	66 61 58	64 60 57	62 59 56	53
4	60 54 50	58 53 49	56 52 49	47
5	54 48 44	52 47 43	51 46 43	41
6	49 43 39	47 42 38	46 41 38	36
7	44 38 34	43 38 34	42 37 34	32
8	40 35 31	39 34 30	38 34 30	29
9	37 31 27	36 31 27	35 31 27	26
10	34 28 25	33 28 25	33 28 25	23

Símbolos

AC: Com difusor em poliestireno ACL: Com difusor em poliestireno lático CP: Cor preta FP: Facho luminotécnico fechado
 FM: Fardo móvel G: Opção para forro gesso M: Ref. V50 M: Alumínio Micro OPC: Opcionais R: Com recuperador
 RP: Régua perfurada T: Com tela de proteção VIQ: Com vigia