

MARIANGELA DE MOURA

ILUMINAÇÃO: ANÁLISE DE CENÁRIOS UTILIZANDO A TECNOLOGIA LED

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal Fluminense como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Engenharia Civil. Área de Concentração: Gestão, Produção e Meio Ambiente.

Orientadora: Prof^a. Ana Lúcia Torres Seroa da Motta, Ph.D.

Niterói
2015

MARIANGELA DE MOURA

ILUMINAÇÃO: ANÁLISE DE CENÁRIOS UTILIZANDO A TECNOLOGIA LED

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal Fluminense, como requisito parcial para para obtenção do Grau de Doutor. Área de Concentração: Gestão, Produção e Meio Ambiente

Aprovado em 18 de março de 2015

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Ana Lucia Torres Seroa da Motta, Ph.D. - Orientadora
Universidade Federal Fluminense

Prof. Orlando Celso Longo, D.Sc.
Universidade Federal Fluminense

Prof Gilberto Adib Couri, D.Sc.
Universidade Federal Fluminense

Prof. Aldo Carlos de Moura Gonçalves, D.Sc.
Universidade Federal do Rio de Janeiro

Prof. Luiz Antonio Ferreira das Neves, D.Sc.
Universidade Federal do Rio de Janeiro

Niterói
2015

Dedico este trabalho a todas as pessoas que
com seus conhecimentos demonstram que
ainda temos muito que aprender.

AGRADECIMENTOS

À Professora Ana Lúcia Torres Seroa da Motta, orientadora desta tese, por todo apoio e empenho, pela oportunidade de ter compartilhado comigo a sua sabedoria e conhecimento instruindo e orientando a construção deste trabalho e de todos os artigos publicados ao longo do período do curso.

Ao Professor Aldo Carlos de Moura Gonçalves, meu orientador durante o Mestrado de Arquitetura e Urbanismo na UFRJ, sempre presente na minha caminhada tornando-se um grande exemplo de vida.

A todos os Professores e funcionários do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da UFF que colaboraram para a minha formação, em especial ao Professor Orlando Celso Longo que participou da banca de qualificação.

Aos professores Gilberto Adib Couri e Luiz Antonio Ferreira das Neves, que gentilmente aceitaram participar da Banca de avaliação e contribuíram com suas considerações.

Aos consultores de iluminação Ricardo Gomes Lopes e Marcos J. Cavalcanti, agradeço os ensinamentos no campo da luminotécnica.

À minha família e ao meu marido, pelos incentivos que me deram durante toda minha vida, pois sem esse apoio não teria chegado até aqui.

Enfim, a todas as pessoas que de alguma forma me incentivaram, acreditaram e ajudaram, mesmo que indiretamente.

Num sistema de iluminação convivem dois ramos da ciência que se completam: o primeiro está ligado com a *produção da luz* e o segundo com a *utilização da luz*. O primeiro, para o projetista, é mais simples e está diretamente associado com os artefatos luminosos produzidos pelo mercado (lâmpadas, luminárias e acessórios); o segundo, bem mais complexo, envolve o todo, ou seja, o homem e sua visualização no ambiente que o cerca. (COSTA, 2006, p. 17-18). (grifos do autor).

Não se deslumbrar pela tecnologia. Entender que você “domina” a luz quando faz dela algo para se ver e sentir, não para se olhar, simplesmente. (GASPER apud CAVALLO, 2004).

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO	14
1.2. PROBLEMATIZAÇÃO	15
1.3. OBJETIVOS	16
1.3.1. Objetivo Geral	16
1.3.2. Objetivos Específicos	16
1.4. JUSTIFICATIVA	16
1.5. HIPÓTESES	17
1.6. METODOLOGIA	17
1.7. ESTRUTURA DO TRABALHO	18
2 CONCEITOS E VARIÁVEIS DOS SISTEMAS CONTEMPORÂNEOS DE ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL	21
2.1. CONCEITOS E PARÂMETROS RELACIONADOS À ILUMINAÇÃO	21
2.1.1. Espectro eletromagnético da luz	21
2.1.2 Fluxo luminoso	23
2.1.3 Intensidade luminosa	24
2.1.4 Iluminância	24
2.1.5 Luminância	25
2.1.6 Temperatura de cor	26
2.1.7 Índice de reprodução de cor	27
2.2. VARIÁVEIS RELEVANTES NOS SISTEMAS CONTEMPORÂNEOS DE ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL	28
2.2.1. Durabilidade	28
2.2.2 Eficiência luminosa	29
2.2.3 Economia	30
2.2.4 Sustentabilidade	31
3 TECNOLOGIAS DE ILUMINAÇÃO: ESTADO DA ARTE	32
3.1 SISTEMAS BASEADOS EM LÂMPADAS INCANDESCENTES	37
3.2. SISTEMAS BASEADOS EM LÂMPADAS DE DESCARGA	39
3.2.1 Sistemas com uso de lâmpadas de descarga de baixa pressão	41
3.2.2. Sistemas com uso de lâmpadas de descarga de alta pressão	43
4 TECNOLOGIA A LED	46
4.1. ASPECTOS HISTÓRICOS, CONCEITUAIS E CARACTERÍSTICAS	46
4.2 VANTAGENS E DESVANTAGENS DOS LEDS	58
5 SHOPPING CENTERS	72
5.1 SURGIMENTO E EVOLUÇÃO	72
5.1.1. <i>Shopping centers</i> no Brasil	78
5.2. ILUMINAÇÃO DE <i>SHOPPING CENTERS</i>	81
6 METODOLOGIA PARA ANÁLISE DE CENÁRIOS DE ILUMINAÇÃO UTILIZANDO A TECNOLOGIA A LED	87
6.1 INTRODUÇÃO	87
6.2 METODOLOGIA	88
6.2.1 <i>Shoppings</i> selecionados	88

6.2.2 Cálculos do sistema de iluminação das edificações.....	91
6.2.3 Roteiro para levantamento de dados	94
6.2.4 Características e avaliação do projeto luminotécnico.....	95
6.2.5. Levantamento total dos equipamentos instalados.....	98
6.2.6. Medição dos níveis de iluminação artificial nos equipamentos instalados	100
6.2.7 Especificação do equipamento LED	102
6.2.8 Critérios de seleção na especificação do equipamento LED.....	106
6.2.9. Aplicação de questionário para fornecedores	108
6.2.10 Simulações utilizando <i>softwares</i> de cálculos luminotécnicos	111
6.2.11. Planilha resumo dos valores das luminárias	112
6.2.12. Planilhas do estudo de viabilidade econômica	112
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	126
8 CONCLUSÕES	128
REFERÊNCIAS.....	131
ANEXOS	137

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Espectro eletromagnético da luz	22
Figura 2: Emissão de fluxo luminoso	23
Figura 3: Tonalidade da cor.....	27
Figura 4: Estágios da evolução das tecnologias de iluminação	35
Figura 5: Lâmpadas incandescentes.....	37
Figura 6: Sistemas baseados em lâmpadas de descarga	41
Figura 7: Evolução da tecnologia LED	46
Figura 8: Semicondutores formando o diodo semiconductor	47
Figura 9: Processo de emissão de luz de um LED.....	50
Figura 10: Componentes básicos de uma lâmpada LED	51
Figura 11: Tabela cromática.....	52
Figura 12: Sombras coloridas provenientes do processo RGB	53
Figura 13: LED vermelho e LED indicando equipamento em funcionamento	55
Figura 14: Luminária de iluminação pública e semáforo com utilização de LED.....	55
Figura 15: Alteração do fecho original da lâmpada LED	63
Figura 16: Sombras múltiplas devido à combinação das lentes com LEDs	63
Figura 17: Sombras múltiplas devido à combinação das lentes com LEDs	64
Figura 18: Efeito da troca de lâmpadas fluorescentes tubulares por lâmpadas tubulares de LED.....	70
Figura 19: Sombras múltiplas geradas por iluminação a LED.....	71
Figura 20: Galeria Saint-Hubert (Bélgica) e Galeria Vittorio Emanuele (Itália).....	73
Figura 21: Le Bon Marché e Galleries Lafayette	74
Figura 22: Roland Park Shopping Center.....	75
Figura 23: Kierland Common Mall	77
Figura 24: Iluminação geral	83
Figura 25: Iluminação de destaque	84
Figura 26: Iluminação do <i>mall</i> – Boulevard Shopping São Gonçalo.....	89
Figura 27: Iluminação da marquise de entrada – Parque Shopping Belém	90
Figura 28: Fachada do Shopping Leblon	91
Figura 29: Tela principal do sistema OSRAM.....	92
Figura 30: Tela principal do sistema GE	93
Figura 31: Fluxo inicial de levantamento de dados	95
Figura 32: Projeto luminotécnico – Shopping Boulevard São Gonçalo	96
Figura 33: Caderno de especificação – Shopping Boulevard São Gonçalo	97
Figura 34: Caderno de especificação – características técnicas da luminária	98
Figura 35: Planilha - levantamento das luminárias.....	99
Figura 36: Planilha do somatório das luminárias por projeto.....	100
Figura 37: Luxímetro Minipa utilizado para medição	101
Figura 38: Medição no Boulevard Shopping São Gonçalo	102
Figura 39: Dados fotométricos do caderno de especificações	104
Figura 40: Catálogo técnico das luminárias	105
Figura 41: Planilha resumo – cortes.....	107
Figura 42: Imagem do <i>mall</i> gerada pelo <i>software</i> DIALux.....	111
Figura 43: Planilha resumo – custo das luminárias	112
Figura 44: Fluxograma do sistema de iluminação	125

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Características de sustentabilidade dos LEDs	59
Quadro 2: Lâmpadas utilizadas no estudo de Greggianin et al.....	68
Quadro 3: Codificação das empresas e respectivos equipamentos.....	114
Quadro 4: Tarifa contratada com a concessionária de energia elétrica	116
Quadro 5: Redução de energia por ano no sistema eficiente	117
Quadro 6: Ganho financeiro na demanda/por sistema.....	118
Quadro 7: Ganho no consumo por mês	119
Quadro 8: Cálculo com a manutenção e reposição do sistema existente (lâmpada)	120
Quadro 9: Cálculo com a manutenção e reposição do sistema existente (reatores)	121
Quadro 10: Cálculo com a manutenção e reposição do sistema A (LED M2000)...	121
Quadro 11: Cálculo com a manutenção e reposição do sistema – LED	122
Quadro 12: Retorno do investimento.....	124

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Classificação da tonalidade da cor em função da temperatura de cor	26
Tabela 2: Potência, fluxo e rendimento luminoso das lâmpadas incandescentes	38
Tabela 3: Dados do setor de <i>shopping centers</i> no Brasil	80
Tabela 4: Evolução do setor de <i>shopping centers</i> no Brasil (2006-2013)	81
Tabela 5: Horas de funcionamento da instalação (Planilha 1)	113
Tabela 6: Total de lâmpadas/Watt (Planilha 2).....	114
Tabela 7: Total de equipamentos auxiliares/Watt (Planilha 3)	115
Tabela 8: Consumo total de Kilowatts em relação à iluminação (Planilha 4)	115
Tabela 9: Energia usada por ano (kWh) - (Planilha 5)	116
Tabela 10: Redução financeira mensal considerando demanda e consumo	119
Tabela 11: Economia mensal - reposição de material e mão de obra.....	123
Tabela 12: Valor do investimento (sistema eficiente)	123
Tabela 13: Total de ganho financeiro	124

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABL – Área Bruta Locável

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

Abrasce – Associação Brasileira de Shopping Centers

cd – candela

cd/m² – candela por metro quadrado

HB LEDs – *High-Brightness LEDs*

IAB – Instituto de Arquitetos do Brasil

ICSC – *International Council of Shopping Centers*

IEC – *International Electrotechnical Commission*

IES - *Illuminating Engineering Society*

IESNA – *Illuminating Engineering Society of North America*

IRC – índice de reprodução de cor

K – Kelvin

LED – Light Emitting Diode

lm – lúmen (fluxo luminoso)

lm/W – lúmen por watt (rendimento luminoso/eficiência luminosa)

lx – lux

nm – nanômetro

ONU – Organização das Nações Unidas

RGB – *Red, Green and Blue*

SMD – *Surface Mount Device*

SSL – *Solid State Lighting*

THD – Distorção Harmônica Total

THT – *Throug Hole Technology*

W – Watt

RESUMO

Os LEDs (*Light Emitting Diode*) vêm sendo empregados em inúmeros projetos luminotécnicos de diferentes setores, principalmente devido a propaladas vantagens em relação às lâmpadas convencionais. No segmento comercial, surgem com grande destaque na iluminação de *shopping centers*, locais onde predomina forte cultura estética e de efeitos de luz. Apesar disso, persistem dúvidas quanto à tecnologia em si e seu modo de funcionamento, além de questionamentos quanto ao uso exclusivo do LED em qualquer ambiente ou em *retrofits* de sistemas de iluminação já existentes. A existência no mercado brasileiro de uma grande variedade de produtos baseados na tecnologia LED (que apresentam diferentes eficiências luminosas, características luminotécnicas e elétricas) e a ausência de norma ou recomendação específica de uso desses dispositivos no País reforçam tal perspectiva. Esta pesquisa versa sobre iluminação artificial em edificações comerciais com foco na iluminação de *shopping centers*. Apresenta metodologia de uso de LED em substituição a lâmpadas tradicionais, analisando-a em três *shopping centers* objetos de estudo, aferindo seus resultados. A metodologia busca respostas a indagações sobre sistemas de iluminação que atendam a parâmetros técnicos e econômicos. Seu objetivo é propor um sistema de avaliação qualitativa e quantitativa para substituição do sistema existente por tecnologia de iluminação a LED, utilizando como matriz os seguintes parâmetros: iluminação existente, gastos com energia, quantidade de luz no plano de trabalho, qualidade da iluminação, vida útil das fontes de energia, investimento na tecnologia, retorno do investimento, redução da reposição e manutenção dos produtos de iluminação tornando os empreendimentos mais sustentáveis.

Palavras-chave: Engenharia civil, conforto ambiental, tecnologias de iluminação; LEDs; eficiência energética.

ABSTRACT

LEDs (Light Emitting Diode) have been used in numerous lighting design projects in different sectors, mainly because of divulged advantages over conventional lamps. In the commercial segment, the LEDs come with great emphasis on shopping malls lighting, places of strong aesthetics and light effects culture. Spite of this, there are doubts about the technology itself and its operation, as well as questions about the exclusive LED use in any environment or retrofit in existing lighting systems. The existence in the Brazilian market of a wide variety of products based on LED technology (which have different luminous efficiencies, lighting design and electrical characteristics) and the lack of a specific rule or recommendation for use of these devices in the country reinforce this perspective. This research is about artificial lighting in commercial buildings focusing shopping centers lighting. Presents LED use methodology to replace traditional bulbs, analyzing it in three shopping centers objects of study, assessing their results. The methodology seeks answers to questions about lighting systems that meet technical and economic parameters. Its objective is to propose a qualitative and quantitative evaluation system to replace the existing system for LED lighting technology, using as a template the following parameters: existing lighting, energy costs, amount of light in the work plan, quality of light, lifetime of energy sources, investment in technology, return on investment, reducing replacement and maintenance of lighting products, making the most sustainable enterprises.

Keywords: Civil engineering; environmental comfort; lighting technologies; LEDs; energetic efficiency.

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

O aproveitamento da luz natural é hoje um requisito fundamental na iluminação de diferentes ambientes. Não por acaso, a engenharia e a arquitetura das novas edificações vêm utilizando diversos recursos nesse sentido, tais como janelas e aberturas que privilegiem estrategicamente a incidência da luz exterior, paredes isoladas, revestimentos reflexivos e iluminação zenital, entre outros.

Do ponto de vista da iluminação artificial, entretanto, a escolha de fontes que promovam níveis satisfatórios de conforto lumínico e que atendam às atuais exigências relacionadas aos sistemas contemporâneos – nomeadamente durabilidade dos equipamentos, eficiência luminosa, economia e sustentabilidade – ainda é um desafio.

Estudos revelam a necessidade de investir na melhoria da qualidade dos projetos no campo luminotécnico, especialmente em função do notável crescimento do consumo de energia elétrica nas edificações e da constatação de que os sistemas de iluminação artificial são agentes relevantes nesse processo. Com efeito, a iluminação representa 20% da energia elétrica consumida no mundo. (GARDE, 2013).

No Brasil, os edifícios são responsáveis por quase 50% do consumo total de energia elétrica do País. (MEDEIROS, 2009). Nos edifícios comerciais e públicos, sistemas de iluminação artificial e de climatização, os grandes usos finais da energia nesse segmento, representam aproximadamente 64% do consumo de energia elétrica, 44% advindos da iluminação e 20% do condicionamento de ar. (GOULART, 2012). O crescimento de 3,6% do consumo de energia elétrica no Brasil em 2011 foi puxado principalmente pelo setor comercial, que cresceu 6,3% nesse mesmo ano. (FIGUEIREDO, 2013).

A eficiência energética obtida através da redução do consumo de energia é, pois, imperiosa, inclusive porque o quadro atual confronta com diretrizes internacionais e nacionais de uso racional da energia elétrica que visam à efetividade do conceito de desenvolvimento sustentável e preservação ambiental: a consideração do meio ambiente é hoje obrigatória em todos os setores da economia.

Novas tecnologias de iluminação artificial buscam atender a essa perspectiva, acenando para a redução do consumo de energia elétrica e para a eficiência energética nas edificações. É o caso da tecnologia a LED (*Light Emitting Diode*), considerada o terceiro estágio da evolução da lâmpada elétrica.

Os LEDs vêm sendo empregados em diferentes segmentos. No comercial, surgem com grande destaque na iluminação de *shopping centers*, locais onde predomina forte cultura estética e de efeitos de luz – nesses empreendimentos a luz é um dos estímulos ambientais com maiores possibilidades cognitivas, emocionais, funcionais e simbólicas, com poder dramático que vai muito além da visibilidade do ambiente, pois exalta e particulariza, incidindo sobre percepções físicas e psicológicas das pessoas.

Esta pesquisa versa sobre a iluminação das edificações comerciais, tendo como foco o *retrofit* de iluminação de *shopping centers*.

1.2. PROBLEMATIZAÇÃO

A aplicação de LEDs problematiza o estudo. Embora essas lâmpadas venham sendo utilizadas em inúmeros projetos luminotécnicos, principalmente devido a propaladas vantagens em relação às lâmpadas convencionais, persistem dúvidas quanto à tecnologia em si e seu modo de funcionamento, além de questionamentos quanto ao uso de LED em substituição a lâmpadas convencionais e mesmo o uso exclusivo desse dispositivo em qualquer ambiente.

Corroboram tal percepção a existência, no mercado brasileiro, de uma grande variedade de produtos baseados na tecnologia a LED (que apresentam diferentes eficiências luminosas, características luminotécnicas e elétricas) e o fato de ainda não haver no Brasil norma ou recomendação específica para uso desses dispositivos. Esses aspectos podem trazer problemas no *retrofit* de lâmpadas convencionais por LEDs. (KAWASAKI, 2011; BARBOSA, 2013).

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo Geral

O objetivo geral da pesquisa é sistematizar conhecimentos sobre as diferentes tecnologias utilizadas em projetos de iluminação, reunindo conteúdos que possam refletir o estado da arte sobre o tema.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Analisar a tecnologia LED e discutir suas vantagens e desvantagens na comparação com as tecnologias tradicionais de iluminação;
- Analisar o *retrofit* de lâmpadas convencionais com a utilização de LEDs apontando as principais motivações para tal substituição nos sistemas de iluminação;
- Analisar o emprego de LED em ambientes comerciais, especificamente em *shopping centers*;
- Apresentar uma metodologia de uso de LED em substituição a lâmpadas tradicionais e analisá-la em três *shopping centers* objetos de estudo, aferindo seus resultados;
- Validar o modelo metodológico proposto, discutir se ele é adequado e se pode ser replicado em outras unidades de análise;
- Contribuir para a elaboração de novos estudos que visem à substituição de tecnologias convencionais pela tecnologia a LED, atendendo às variáveis: durabilidade, eficiência luminosa, economia e sustentabilidade.

1.4. JUSTIFICATIVA

Kawasaki (2012a) informa que a elaboração de normas de uso do LED por comissões de estudo da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), baseadas em normas internacionais IEC (*International Electrotechnical*

Commission), está em andamento no Brasil. A Comissão de Lâmpadas Elétricas estuda uma norma para avaliação de desempenho de módulos de LED, baseada na IEC 62717 – *LED Modules for General Lighting – Performance Requirements*. Já no âmbito da Comissão de Luminárias e Acessórios, vem sendo elaborada uma norma específica de luminárias a LED, baseada na IEC/PAS 62722-1 – *Luminaire performance – Part 1: General Requirements*. (KAWASAKI, 2012a).

Ambas devem trazer recomendações de ensaios de tipo e critérios de desempenho para módulos e luminárias, respectivamente, dando início à criação de regras normativas para a verificação de produtos. (KAWASAKI, 2012a).

Não obstante, não há previsão de elaboração de normas que especificamente se reportem a medições e cálculos relativos aos LEDs. (KAWASAKI, 2012a). Essa lacuna, de extrema relevância para quaisquer aplicações dessas lâmpadas, justifica a pesquisa.

Outro aspecto não menos importante a justificar esta tese é que, atualmente, apesar de diversos estudos voltarem-se ao tema *retrofit* em sistemas de iluminação, a metodologia adotada dificilmente é apresentada, causando a impressão de que só há interesse na apresentação dos dados obtidos: os procedimentos empregados para tanto são em geral colocados em segundo plano. (GHISI e LAMBERTS, 2008).

1.5. HIPÓTESES

Orientam o estudo as seguintes hipóteses:

- De que o *retrofit* em sistemas de iluminação é bem mais abrangente do que a mera substituição de lâmpadas tradicionais por lâmpadas LED;
- De que a avaliação sobre a substituição de lâmpadas convencionais por LEDs carece de maior observância dada a dificuldade de estabelecer analogias entre tecnologias que possuem natureza distinta.

1.6. METODOLOGIA

A pesquisa está dividida em dois blocos. No primeiro, quanto aos fins, se classifica como exploratória, uma vez que oferece uma visão geral do tema, tornando-o explícito através de diferentes contribuições da literatura. Quanto aos meios de investigação nessa parte trata-se de pesquisa bibliográfica, estudo

sistemizado cujo procedimento técnico tem por base o levantamento de material de domínio público veiculado em livros, artigos publicados em revistas científicas especializadas e conteúdos provenientes de meios de comunicação de massa, tais como jornais e revistas. (VERGARA, 2010).

Na prática, tal procedimento implica as etapas de busca (ou levantamento), seleção, leitura e análise de textos relevantes, seguidas de relato por escrito. (ROESCH, 2005). Enquanto procedimento técnico, a revisão bibliográfica permite o levantamento de informações contextuais que dimensionam e qualificam o estudo. Segundo Tachizawa e Mendes (2008, p. 33), trata-se de “[...] uma organização coerente de ideias originadas de bibliografia de alto nível em torno de um tema específico”, podendo ser inovadora e original.

No segundo bloco, apresenta-se a tese propriamente dita, isto é, a proposta de metodologia de *retrofit* em sistema de iluminação. Três *shopping centers* são investigados para efeito de validação do método.

1.7. ESTRUTURA DO TRABALHO

Além desta Introdução, a tese está estruturada em seis capítulos, a saber:

2. CONCEITOS E VARIÁVEIS DOS SISTEMAS CONTEMPORÂNEOS DE ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL

2.1. CONCEITOS E PARÂMETROS RELACIONADOS À ILUMINAÇÃO

2.1.1. Espectro eletromagnético da luz

2.1.2. Fluxo luminoso

2.1.3. Intensidade luminosa

2.1.4. Iluminância

2.1.5. Luminância

2.1.6. Temperatura de cor

2.1.7. Índice de reprodução de cor

2.2. VARIÁVEIS RELEVANTES NOS SISTEMAS CONTEMPORÂNEOS DE ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL

2.2.1. Durabilidade

2.2.2. Eficiência luminosa

2.2.3. Economia

2.2.4. Sustentabilidade

3. TECNOLOGIAS DE ILUMINAÇÃO: ESTADO DA ARTE

3.1. SISTEMAS BASEADOS EM LÂMPADAS INCANDESCENTES

3.2. SISTEMAS BASEADOS EM LÂMPADAS DE DESCARGA

3.2.1. Sistemas com uso de lâmpadas de descarga de baixa pressão

3.2.2. Sistemas com uso de lâmpadas de descarga de alta pressão

4. TECNOLOGIA A LED

4.1. ASPECTOS HISTÓRICOS, CONCEITUAIS E CARACTERÍSTICAS

4.2. VANTAGENS E DESVANTAGENS DOS LEDS

5. *SHOPPING CENTERS*

5.1. SURGIMENTO E EVOLUÇÃO

5.1.1. *Shopping centers* no Brasil

5.2. ILUMINAÇÃO DE *SHOPPING CENTERS*

6. METODOLOGIA METODOLOGIA PARA ANÁLISE DE CENÁRIOS DE ILUMINAÇÃO UTILIZANDO A TECNOLOGIAA LED

6.1. INTRODUÇÃO

6.2. METODOLOGIA

6.2.1. *Shoppings* selecionados

6.2.1.1. Boulevard Shopping São Gonçalo

6.2.1.2. Parque Shopping Belém

6.2.1.3. Shopping Leblon

6.2.2. Cálculos do sistema de iluminação das edificações

6.2.3. Roteiro para levantamento de dados

6.2.4. Características e avaliação do projeto luminotécnico

6.2.5. Levantamento total dos equipamentos instalados

6.2.6. Medição dos níveis de iluminação artificial nos equipamentos instalados

6.2.7. Especificação do equipamento LED

- 6.2.8. Critérios de seleção na especificação do equipamento LED
- 6.2.9. Aplicação de questionário para fornecedores
- 6.2.10. Simulações utilizando *softwares* de cálculos luminotécnicos
- 6.2.11. Planilha resumo dos valores das luminárias
- 6.2.12. Planilhas do estudo de viabilidade econômica
- 6.2.13. Fluxograma do sistema de iluminação

2 CONCEITOS E VARIÁVEIS DOS SISTEMAS CONTEMPORÂNEOS DE ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL

A principal fonte de iluminação sempre foi a natural. A iluminação artificial, entretanto, tornou-se parte inseparável das edificações desde suas primeiras aplicações no ambiente construído. (FONSECA, 2009). Há conceitos e parâmetros de imprescindível abordagem quando se pretende refletir sobre tecnologias de iluminação artificial. Da mesma forma, a abordagem de variáveis relevantes para se pensar os sistemas contemporâneos de iluminação artificial, tais como durabilidade das lâmpadas, eficiência luminosa, economia e sustentabilidade. Esses conceitos, parâmetros e variáveis são respectivamente definidos e analisados brevemente a seguir.

2.1. CONCEITOS E PARÂMETROS RELACIONADOS À ILUMINAÇÃO

2.1.1. Espectro eletromagnético da luz

A luz visível é perceptível numa pequena faixa do espectro eletromagnético. (BONA, 2010). O espectro eletromagnético contém uma série de radiações que são fenômenos vibratórios cuja velocidade de propagação é constante e que diferem entre si por sua frequência e por seu comprimento de onda. (BASTOS, 2011).

Diferentes comprimentos de onda referem-se a diferentes regiões do espectro eletromagnético. Define-se a radiação visível, ou propriamente luz, como a radiação eletromagnética capaz de produzir uma sensação visual, estando compreendida numa determinada faixa de comprimento de onda – a luz consiste em radiação eletromagnética com um comprimento de onda tal que possa ser percebida pelo olho humano. (BONA, 2010; RIBEIRO, 2010).

Para o estudo da iluminação, é especialmente importante o grupo de radiações cujos limites para os seres humanos estão definidos em uma faixa de comprimento de onda situada entre 380 e 780 nanômetros (nm), pois são capazes de estimular a retina do olho humano. Essa radiação é definida como luz entre um mínimo e máximo perceptível. (BONA, 2010; BASTOS, 2011).

As radiações infravermelhas, que se caracterizam pela emissão de calor sensível ao ser humano, situam-se nos comprimentos de onda superiores a 780 nm.

No sentido crescente dos comprimentos de onda do espectro encontram-se ainda as ondas de radar, ondas de televisão e rádio e ondas longas, associadas aos geradores de corrente alternada e transformadores, por exemplo, de centrais elétricas. No sentido oposto, as radiações ultravioletas, emitidas, por exemplo, pelo sol, situam-se em comprimentos de onda inferiores a 380 nm. Em ainda menores comprimentos de onda situam-se os raios X, capazes de penetrar os corpos, seguindo-se perigosa radiação gama. (RIBEIRO, 2010).

A Figura 1 ilustra o espectro eletromagnético.

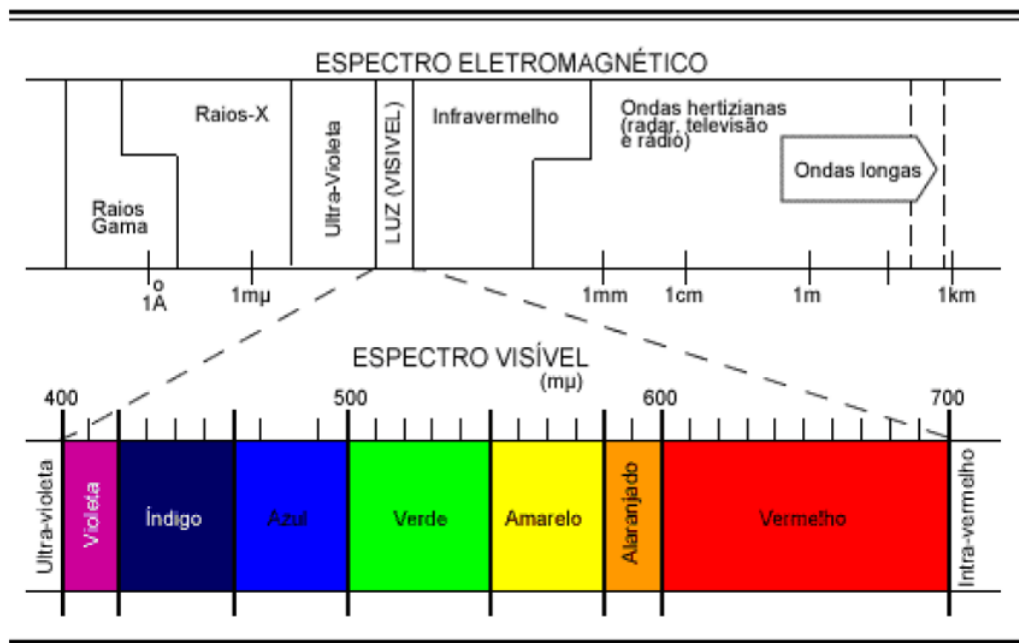


Figura 1: Espectro eletromagnético da luz

Fonte: Bona (2010).

Conforme se observa pela Figura, as radiações visíveis situam-se numa porção bastante limitada do espectro eletromagnético. A luz é apenas a pequena porção de todo o espectro eletromagnético que consegue ser percebida pelo olho humano. (RIBEIRO, 2010).

Para diferentes comprimentos de onda dentro desse limite é possível distinguir diversas regiões que se manifestam através da maior ou menor sensibilidade para o olho humano, e se traduzem na percepção das diferentes cores. O espectro visível, normalmente designado como luz branca, é composto por uma combinação desses diferentes comprimentos de onda, ou seja, das várias cores. (RIBEIRO, 2010, p. 8).

A luz é uma forma definida de energia radiante, sentida pela retina, sob a ação da percepção visual e sensorial/visual, detectada na faixa de 380 nm a 780 nm. A partir da definição dos comprimentos da luz visível, foi possível o desenvolvimento tecnológico para a criação da luz artificial. (BONA, 2010).

2.1.2 Fluxo luminoso

Em todos os sistemas luminosos obtém-se energia luminosa por transformação de outro tipo de energia. Se chamarmos fluxo radiante a energia radiante emitida por uma lâmpada por unidade de tempo, a parte desse fluxo que produz sensação luminosa ao olho humano é o fluxo luminoso, cuja unidade é o lúmen (lm). (FERNANDES, 2008).

O fluxo luminoso representa uma potência luminosa de radiação total emitida por uma fonte luminosa por segundo, em todas as direções do espaço, sob a forma de luz, em função da sensibilidade do olho humano. (RIBEIRO, 2010; BASTOS, 2011). Em outras palavras, trata-se da potência de energia luminosa de uma fonte percebida pelo olho humano. (RIBEIRO et al, 2012).

O fluxo luminoso é a quantidade de luz emitida por segundo por uma fonte luminosa: quanto mais lúmens produzidos para cada Watt consumido, mais eficiente é a lâmpada. (BLEY, 2012).

Na Figura 2 é possível observar como uma lâmpada emite fluxo luminoso.



Figura 2: Emissão de fluxo luminoso

Fonte: Fernandes (2008).

2.1.3 Intensidade luminosa

Para compreender o conceito de intensidade luminosa é preciso antes ter noção de ângulo sólido, que pode ser definido como aquele que, visto do centro de uma esfera, percorre uma dada área sobre a superfície dessa esfera. (FERNANDES, 2008).

A intensidade luminosa é a concentração de luz emitida por segundo em uma determinada direção. (RIBEIRO, 2010). Pode ser definida como o fluxo luminoso compreendido na unidade de ângulo sólido no qual é emitido, pressupondo-se que a fonte luminosa é pontual. (FERNANDES, 2008). Trata-se da grandeza de base do sistema internacional para iluminação: seu estudo conduz à noção de um vetor luminoso emitido por uma fonte. (LOPES, 2014).

A unidade de medida da intensidade luminosa é a candela (cd), unidade fundamental da fotometria e a partir da qual derivam-se outras unidades. (RIBEIRO, 2010).

Se a fonte luminosa irradiasse a luz uniformemente em todas as direções, o fluxo luminoso se distribuiria na forma de uma esfera. Tal fato, porém, é quase impossível de acontecer, razão pela qual é necessário medir o valor dos lúmens emitidos em cada direção. Essa direção é representada por vetores cujo comprimento indica a intensidade luminosa. Em outras palavras, é a potência da radiação luminosa em uma dada direção. (RIBEIRO et al, 2012, p. 113).

2.1.4 Iluminância

Iluminância – também referida como iluminação, nível de iluminação e iluminamento – é a quantidade de luz ou fluxo luminoso recebido por unidade de área iluminada, ou seja, indica o fluxo luminoso de uma fonte de luz que incide sobre uma superfície (tomada em metro quadrado) situada a certa distância de uma fonte de luz. (RIBEIRO, 2010; PINTO, 2008).

A unidade dessa grandeza é dada em lux (lx) ou lúmen por metro quadrado – definido como a iluminância de uma superfície de 1m^2 que recebe, uniformemente repartida, o fluxo de 1 lúmen – podendo ser medida através de um luxímetro, aparelho utilizado para medir o nível de iluminação dos ambientes. (RIBEIRO, 2010; FERNANDES, 2008; PINTO, 2008).

A iluminância é unidade base para a Luminotécnica (estudo das técnicas das diferentes fontes de iluminação artificial), sendo muito usada em alusão ao nível de iluminação necessário para as diversas aplicações. Trata-se de um dos fatores mais importantes a se ter em conta no dimensionamento de uma instalação de iluminação, pois deve ser adequada a cada local.

Alguns valores de iluminância típicos são: 100.000 lux para um dia limpo de sol; 1.000 lux para um escritório de trabalho; e 30 lux para iluminação artificial de via pública. (FERNANDES, 2008; RIBEIRO, 2010).

As normas brasileiras de iluminação de interiores (nomeadamente a NBR 5413) são rigorosas a respeito da iluminância necessária para cada ambiente ou atividade. Na iluminação residencial esses valores variam de 200 a 500 lux para ambientes de trabalho ou leitura e de 100 a 200 lux para os demais cômodos. Esta variação está relacionada a características de tarefa e do observador, tais como idade, velocidade e precisão, refletância do fundo da tarefa. (PINTO, 2008).

2.1.5 Luminância

Segundo Ribeiro et al (2012), luminância é um dos conceitos mais abstratos apresentados na Lumintécnica, pois é através dela que o homem enxerga. No passado, denominava-se 'brilhança', associando-se aos brilhos. No entanto, a luminância é uma excitação visual enquanto que o brilho é a resposta visual: o brilho é sensitivo e a luminância é quantitativa.

A luminância especifica a intensidade luminosa emitida por uma unidade de área numa determinada direção. É definida como o quociente entre a intensidade luminosa emitida por uma fonte sobre uma superfície pela área aparente dessa superfície. A área aparente corresponde à área projetada em um plano perpendicular à direção da observação. A luminância é medida em candela por metro quadrado (cd/m^2). (RIBEIRO, 2010).

Trata-se de uma grandeza particularmente importante porque se relaciona mais diretamente com o que é captado pelo olho humano, uma vez que corresponde a uma característica dos objetos a serem iluminados. (RIBEIRO, 2010).

2.1.6 Temperatura de cor

Expressa em graus Kelvin (K), a temperatura de cor é uma característica da luz que indica a cor aparente de luz emitida. Ou seja, a temperatura de cor de uma lâmpada é a grandeza que exprime a aparência de cor da luz emitida por essa lâmpada enquanto fonte de luz. (RIBEIRO, 2010; FERNANDES, 2008; PINTO, 2008).

As temperaturas de cor emitida por uma fonte luminosa têm uma relação próxima com a sua aparência. Daí porque este é um parâmetro relacionado com a sensação de conforto que uma lâmpada proporciona em um determinado ambiente. (LOPES, 2014).

Quanto mais alto o valor da temperatura de cor, mais clara é a tonalidade de cor da luz, mais branca será a luz emitida, denominada comumente de 'luz fria'; e quanto mais baixa for a temperatura de cor, mais amarelada será a luz, sendo denominada de 'luz quente'. (LOPES, 2014).

Luz quente ou luz fria não significam o calor físico da lâmpada, mas sim a tonalidade de cor que ela apresenta ao ambiente. Luz com tonalidade de cor mais suave torna-se mais aconchegante e relaxante, luz mais clara, mais estimulante. (FERNANDES, 2008).

A Tabela 1 e a Figura 3 mostram a classificação da tonalidade da cor emitida por uma lâmpada em função de sua temperatura de cor.

Tabela 1: Classificação da tonalidade da cor em função da temperatura de cor

Temperatura de Cor (K)	Classificação	Tonalidade de cor emitida
Inferior a 3.300K	Quente	Branco quente
Entre 3.300K e 5.300K	Intermediária	Brando neutro
Superior a 5.300K	Fria	Branco frio

Fonte: Fernandes (2008).

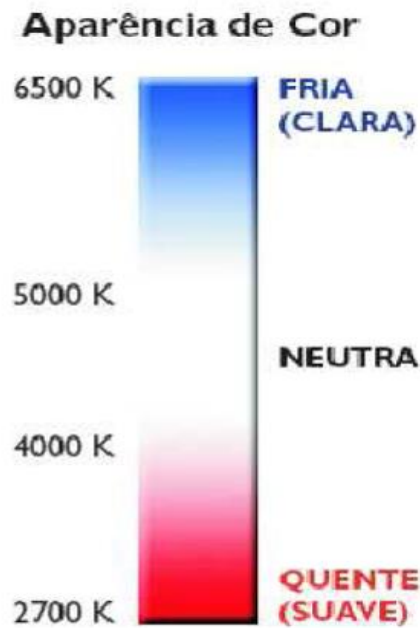


Figura 3: Tonalidade da cor

Fonte: Fernandes (2008).

2.1.7 Índice de reprodução de cor

O índice de reprodução de cor (IRC) é propriedade das fontes de iluminação que indica a sua capacidade de restituir corretamente a cor ou as cores de um objeto ou superfície a serem iluminados. Trata-se da relação entre a cor real do objeto ou superfície e a cor aparente quando submetidos a uma fonte de luz artificial. (RODRIGUES, 2010; PINTO, 2008).

Lopes (2014) define-o como a medida de cor real de uma superfície e sua aparência a ser iluminada pela fonte artificial – uma fonte com IRC 100% seria a que apresenta as cores de um objeto com máxima fidelidade.

Sob diferentes formas de iluminação, um mesmo objeto ou superfície podem ter aparências distintas, apresentando, por exemplo, tonalidade branca quando são iluminados por lâmpada fluorescente e tonalidade mais amarelada quando iluminados por lâmpada de incandescência. Daí porque o IRC independe da temperatura de cor. (RIBEIRO, 2010; PINTO, 2008).

A referência adotada para este conceito é algo muito próximo à luz produzida pelo sol em um dia claro de verão ao meio-dia. Assim, quanto mais

próximo de 100% for o índice de reprodução de cor de uma lâmpada, mais próximo sua luz estará da referência, reproduzindo de forma fiel as cores do objeto ou superfície iluminados. (PINTO, 2008). Por isso, o índice de reprodução de cor é expresso em uma escala que vai de 0 a 100, onde o valor maior corresponde à máxima fidelidade na restituição de cor.

2.2. VARIÁVEIS RELEVANTES NOS SISTEMAS CONTEMPORÂNEOS DE ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL

2.2.1. Durabilidade

A durabilidade de um produto deve ser analisada em função do tipo de tecnologia empregada. A análise da duração de funcionamento de uma lâmpada varia grandemente com a tecnologia de iluminação, já que as causas de falha são muito diversas. (RIBEIRO, 2010).

Embora seja difícil prever a duração de uma lâmpada, uma vez que isso depende de fatores como as tensões e correntes de funcionamento, temperatura ambiente, condições de operação etc, existem formas de estimar o tempo de vida de um conjunto de lâmpadas através de testes e medições em determinadas condições. (RIBEIRO, 2010). Para efeito de comparação entre lâmpadas de diferentes tecnologias, utiliza-se o tempo de vida, parâmetro que se refere ao tempo de funcionamento de uma lâmpada até que deixe de operar em condições normais.

A durabilidade da lâmpada é medida em horas e representada através dos seguintes elementos:

- Vida útil, que corresponde ao tempo de duração em horas até que, com a depreciação, seu fluxo luminoso chegue a 70% do inicial, isto é, o número de horas que a lâmpada operou até que a luminosidade seja reduzida em 70% do valor inicial considerando o efeito das respectivas falhas ocorridas nesse período;
- Vida mediana, que corresponde ao tempo em que 50% das lâmpadas ensaiadas ainda permaneçam acesas. A vida mediana considera o tempo de funcionamento de uma quantidade significativa de lâmpadas até que 50% delas permaneçam acesas; e

- Vida média, que corresponde à média aritmética do tempo de duração das lâmpadas ensaiadas. (BLEY, 2012; PINTO, 2008).

Os fabricantes normalmente especificam a durabilidade das lâmpadas através da vida mediana por se tratar do maior valor. Para além deste indicador, os fabricantes podem definir outros valores de referência, como tempo de vida mínimo ou a depreciação de lúmen emitido ao longo do seu tempo de funcionamento. (BLEY, 2012; RODRIGUES, 2010).

A durabilidade é um dos fatores relevantes para a obtenção de sistemas eficientes de iluminação artificial. Lâmpadas com longa durabilidade proporcionam baixa frequência de manutenção e descarte (evitando trocas constantes e atendendo às necessidades do consumidor por maior período de tempo) gerando mais economia, em função da redução do custo operacional, para além da economia eventualmente gerada pela eficiência energética. (BLEY, 2012).

2.2.2 Eficiência luminosa

As lâmpadas diferenciam-se entre si pelo fluxo luminoso que emitem e pelas diferentes potências que consomem. Na comparação entre lâmpadas é preciso saber quantos lúmens são gerados por Watt absorvido, isto é, a razão entre o fluxo luminoso total emitido e a potência elétrica total consumida pela lâmpada.

A essa grandeza dá-se o nome de eficiência luminosa (também chamada rendimento luminoso), uma das grandezas mais utilizadas em luminotécnica. Segundo Bastos (2011, p. 7), pode-se afirmar que a eficiência luminosa de uma fonte é o quociente entre o fluxo luminoso emitido em lúmens e a potência consumida em Watts. “Em outras palavras, esta grandeza retrata a quantidade de ‘luz’ que uma fonte luminosa pode produzir a partir da potência elétrica de 1 Watt”.

Assim, a eficiência luminosa é definida como o quociente do fluxo luminoso emitido por uma fonte de iluminação e a sua potência elétrica absorvida. Ou seja, é o quociente entre o fluxo luminoso absorvido pela lâmpada e a potência elétrica absorvida pela lâmpada. É expressa em lúmen por Watt (lm/W). (RIBEIRO, 2010; FERNANDES, 2008).

A eficiência luminosa pode associar-se a uma lâmpada, a uma luminária ou a todo o sistema de iluminação: seus valores devem referir-se ao processo integral

de produção de luz de determinada tecnologia luminotécnica. Trata-se de um indicador de eficiência do processo de emissão de luz utilizada sob o ponto de vista do aproveitamento energético. Daí porque é o principal parâmetro de medida da eficácia energética de uma fonte de iluminação, pois avalia a proporção de energia que efetivamente é convertida em luz. (RIBEIRO, 2010).

2.2.3 Economia

Atualmente, a tecnologia de iluminação é uma área que engloba não apenas vertentes técnicas – nomeadamente provenientes da Engenharia, da Engenharia Elétrica e da Arquitetura – mas, também outras áreas importantes como aquelas ligadas à Economia. (RIBEIRO, 2010). A iluminação artificial, que em 2011 representava globalmente 30% do faturamento em vendas de uma companhia e no Brasil representou em 2010 27% deste faturamento, é uso final importante para a energia elétrica. (DIAS e COELHO, 2011; BURINI JUNIOR e SANTOS, 2013).

Tendo em vista que a iluminação artificial representa 20% da energia elétrica consumida mundialmente (GARDE, 2013), sistemas de iluminação artificial deficientes comprometem a economia, tanto do ponto de vista energético quanto do financeiro.

Do ponto de vista energético, a economia é atualmente considerada um parâmetro relevante uma vez que, com maior eficácia, a iluminação se torna mais eficiente, evitando desperdícios de energia. (GREGGIANIN et al, 2013).

Já do ponto de vista financeiro, é preciso considerar o custo total de um sistema de iluminação, desde a sua especificação, passando pela instalação e operação, até a troca de lâmpadas quando deixam de funcionar adequadamente. A viabilidade econômica é baseada na projeção dos custos totais (instalação + custo operacional + custo com reposição). (KALACHE et al, 2013).

Esses custos, além do custo com energia, devem ser levados em conta no uso das tecnologias e dos diferentes sistemas de iluminação. (LOPES, 2014). É preciso verificar se é economicamente viável investir em uma dada tecnologia, inclusive em tecnologias relativamente mais recentes, na implantação de sistemas de iluminação: nem sempre, apesar de tecnicamente viável, a utilização de determinada tecnologia se mostra economicamente atrativa. (KALACHE et al, 2013).

2.2.4 Sustentabilidade

O conceito de desenvolvimento sustentável, concebido nas últimas décadas do século XX, carrega um sentido holístico que se refere à possibilidade de associar crescimento econômico, social e proteção ambiental numa perspectiva que incorpora o princípio básico da continuidade. Conforme Lima (2006), nada pode ser sustentável se não for contínuo, percepção que sinaliza para um desenvolvimento presente que gere sustentabilidade futura, promovendo o atendimento de necessidades humanas (tudo o que o ser humano precisa para sobreviver com qualidade de vida) e garantindo a continuidade de recursos para as gerações futuras.

A ideia de sustentabilidade está no escopo do conceito de desenvolvimento sustentável. E implica mudança cultural ampla e generalista no sentido da modificação de atitudes e práticas. O novo estilo de desenvolvimento requer uma nova ética que considere três dimensões de sustentabilidade: a dimensão econômica, a ambiental e a sociocultural, definindo ações ambientalmente responsáveis, socialmente justas e economicamente viáveis. (MOTTA e AGUILAR, 2009).

A temática da sustentabilidade insere-se fortemente no debate atual de diferentes campos do saber. Na Engenharia e na Arquitetura, voltadas que são ao ambiente construído, uma parte fundamental desse debate refere-se ao baixo consumo de energia nas edificações, isto é, ao uso eficiente e racional da energia elétrica. (MOTTA e AGUILAR, 2009).

Dado que os sistemas de iluminação artificial constituem agentes relevantes no consumo total de energia elétrica das edificações, principalmente nos edifícios não residenciais – realidade que confronta com diretrizes nacionais e internacionais de redução no consumo de energia e preservação ambiental – critérios de sustentabilidade vêm sendo sugeridos para ultrapassar os desafios da mudança de paradigma nesse contexto.

Tais critérios consideram o uso de tecnologias e sistemas de iluminação artificial mais eficientes, com vistas à mitigação de impactos ambientais em termos de poluição, emissão de gases na atmosfera, aquecimento global e problemas climáticos.

3 TECNOLOGIAS DE ILUMINAÇÃO: ESTADO DA ARTE

O vocábulo ‘tecnologia’ possui diferentes conotações tendo em vista as demandas de cada época em diferentes contextos sociais. Não obstante não haver uma definição precisa, refere-se em geral a técnicas, métodos, procedimentos, ferramentas, equipamentos e instalações que contribuem para a obtenção de um ou vários produtos e/ou serviços. (SIMANTOB e LIPPI, 2003).

Conforme Fleury (1990, p. 23), a tecnologia constitui:

Um pacote de informações organizadas, de diferentes tipos (científicas, empíricas...), provenientes de várias fontes (descobertas científicas, patentes, livros, manuais, desenhos...), obtidas através de diferentes métodos (pesquisa, desenvolvimento, cópia, espionagem...), utilizado na produção de bens e serviços. Os conhecimentos e as habilidades empregadas na produção desses pacotes tecnológicos constituem a capacitação tecnológica.

Tecnologias aplicam-se a diferentes setores da economia, em seus diversos segmentos. A iluminação artificial não fica fora deste contexto.

A partir do surgimento da energia elétrica, com a experiência moderna do século XIX, houve grande desenvolvimento das tecnologias de iluminação artificial no mundo: o fornecimento regular de energia elétrica pública em 1882 proporcionou a maior revolução ambiental da história humana desde a domesticação do fogo através do foco nos valores visuais. (MASCARÓ, 2005).

Fonseca (2009, p. 18) observa que, com a criação de ambientes fabris, oriundos da Revolução Industrial, a iluminação artificial:

[...] passou a representar, para a humanidade, a adaptação ao trabalho em ambientes escuros e turnos noturnos. Além disto, o fato do homem ser essencialmente visual contribuiu para o seu crescimento contínuo. Pois era possível trazer a luz a quaisquer ambientes cuja iluminação natural era inadequada, insuficiente ou até mesmo inexistente.

Já no século XX, a partir da Segunda Guerra Mundial:

A tecnologia da iluminação artificial sofreu um grande avanço. Surgiram novos equipamentos para iluminação e novas fontes de energia para responder aos novos requisitos impostos pelo setor produtivo e de serviços. A iluminação natural passou a ser considerada como sendo de menor importância, uma vez que diversos aspectos de conforto poderiam ser artificialmente modificados. (FONSECA, 2009, p. 18).

Com o tempo, as tecnologias foram se adequando a diferentes necessidades, sofisticando-se e direcionando-se a tipos específicos de iluminação, nomeadamente:

- Iluminação direta, na qual todos os raios úteis são dirigidos para baixo;
- Iluminação semidireta, na qual mais de 50% dos raios úteis são dirigidos para baixo;
- Iluminação indireta, quando todos os raios úteis são dirigidos para o teto ou paredes;
- Iluminação semi-indireta, na qual mais de 50% dos raios úteis são dirigidos para o teto ou paredes; e
- Iluminação geral difusa, aproximadamente igual para todos os lados. (NEVES e MÜNCHOW, 2010).

É, pois, significativa a relação entre o processo de inovação tecnológica e a iluminação artificial dos ambientes. (MASCARÓ, 2005).

Na evolução das tecnologias de iluminação artificial, diversos tipos de lâmpadas foram utilizados a partir de suas características luminotécnicas, bem como condições de aplicabilidade, para atender a diferentes concepções de sistemas de iluminação – segundo Bona (2010), um sistema de iluminação artificial se baseia em diversos aspectos técnicos, tais como as características do espectro eletromagnético do comprimento de onda da luz utilizada e os tipos de lâmpadas e luminárias empregadas, influenciando na ambiência.

Esses sistemas passaram por conceitos importantes, tais como:

- Adequação da iluminação artificial às necessidades humanas nos ambientes construídos, garantindo a sua eficácia;
- Direção (foco) e uniformidade na distribuição (repartição) de luz;
- Aparência e reprodução de cor (de acordo com o nível de iluminação e o conteúdo da fonte luminosa);
- Melhor performance (desempenho) e acuidade visual em relação ao nível de iluminância e a diferentes luminâncias (luz refletida, visível);
- Durabilidade das lâmpadas;
- Qualidade da iluminação na relação com o conforto visual – definido como um conjunto de condições em determinado ambiente, no qual o ser humano pode desenvolver suas tarefas visuais com o máximo de

acuidade (medida da habilidade do olho humano em discernir detalhes) e precisão visual. (LAMBERTS et al, 2005); e

- Economia e aspectos relacionados ao meio ambiente, respectivamente quanto à escolha de materiais e equipamentos que levem em conta a relação custo/benefício e que visem à redução do consumo de energia, atendendo a princípios de sustentabilidade.

Se no início dos tempos a civilização preocupava-se com o fogo, hoje preocupa-se com a obtenção de luz com menor dispêndio de energia, sobretudo devido a três realidades incontestáveis: i) o aumento substancial na demanda por energia elétrica, ii) a constatação de que a iluminação artificial representa 20% da energia elétrica consumida mundialmente e iii) o fato de os sistemas de iluminação artificial serem agentes relevantes no consumo total de energia das edificações, principalmente nos edifícios não residenciais. (COSTA, 2006; GARDE, 2013; FONSECA, 2009).

A eficiência dos sistemas de iluminação artificial está associada a características técnicas e à eficácia e rendimento de um conjunto de elementos, dentre os quais se destacam as lâmpadas. (RIBEIRO, 2010).

A Figura 4 ilustra os diferentes estágios da evolução das tecnologias de iluminação artificial.



Figura 4: Estágios da evolução das tecnologias de iluminação

Fonte: Bona (2010).

Conforme pode ser observado na Figura acima, a tecnologia de iluminação artificial mais recente é a da produção de luz através da passagem de corrente elétrica em semicondutores como os LEDs, considerada uma nova revolução tecnológica vez que estes tendem a substituir as tecnologias ditas 'tradicionais', o que já é uma realidade de mercado em diversas aplicações.

Segundo Bouts (2013), uma segunda fase desse processo ocorrerá com a produção em escala comercial dos OLEDs (*Organic Light-Emitting Diode*), abrindo um leque de novas soluções e possibilidades.¹

Antes de abordar os LEDs, contudo, é preciso revisar, ainda que brevemente, os grandes progressos realizados na área de iluminação artificial desde a segunda metade do século XX, pois foi notável o crescimento tecnológico da iluminação artificial alcançado até esse momento histórico: a eficácia das lâmpadas

¹ A tecnologia OLED (Diodo Orgânico Emissor de Luz, em língua portuguesa), ainda em desenvolvimento, pode ser considerada uma sequência da tecnologia LED, dispositivo inorgânico. Consiste em dispositivo que utiliza compostos orgânicos de carbono permitindo produzir superfícies luminosas flexíveis muito afins com uma infinidade de cores. (BOUTS, 2013). Segundo Burini Junior e Santos (2013), teoricamente os OLEDs têm potencial para superar os LEDs, seja em termos da eficiência na conversão eletro-óptica, no processo de produção em escala, e, principalmente, por emitir luz difusa, de ofuscamento reduzido.

melhorou, a maior luminância das fontes exigiu um melhor controle do ofuscamento e, conseqüentemente, do sistema ótico das luminárias. (MASCARÓ, 2005).

Grandes avanços no campo da visão e da percepção foram realizados, constituindo-se a base de futuros projetos de iluminação em áreas como Engenharia e Arquitetura, com importantes repercussões em temas específicos, por exemplo, a cor nos anos 80. (MASCARÓ, 2005).

O enorme desenvolvimento que ocorreu nos últimos dois séculos nas formas de produção de luz artificial levou à criação de uma disciplina científica e tecnológica que se dedicasse ao estudo destes assuntos. Foi em 1880 que, no resultado da criação da lâmpada de incandescência, Werner Von Siemens referiu o termo "Tecnologia da Iluminação" pela primeira vez. A base científica para este termo está nas medições quantitativas de luz, ou seja, na fotometria, que remonta a cerca de 1760 com a publicação de trabalhos de Pierre Bouguer e Johann Heinrich Lambert sobre a comparação da luminosidade entre diversas fontes de luz. Estes e outros estudos levaram, por exemplo, à construção do fotômetro, aparelho capaz de medir a intensidade da luz. (RIBEIRO, 2010, p. 6).

Vários temas foram sendo discutidos no curso de tempo, em diversos encontros e congressos. As tendências observadas nesses eventos, somadas à disponibilidade cada vez maior de fontes de luz artificial e ao aumento dos níveis de eficiência e de luminosidade, propiciaram o tratamento da iluminação como um bem essencial, tendo-se dado maior atenção às aplicações concretas da iluminação e também a seus efeitos.

Atualmente, segundo Ribeiro (2010), a tecnologia da iluminação (ou Luminotécnica) constitui área científica significativamente diversificada, englobando diferentes vertentes técnico-científicas, tais como a Engenharia, a Arquitetura e a Economia, entre outras.

No contexto desse crescimento tecnológico, os chamados 'sistemas tradicionais ou convencionais de iluminação artificial' – sistemas de iluminação que utilizam lâmpadas de incandescência e os sistemas baseados em lâmpadas de descarga – se tornaram predominantemente utilizados em diferentes circunstâncias no século XX e ainda atualmente.

Eles são analisados a seguir.

3.1 SISTEMAS BASEADOS EM LÂMPADAS INCANDESCENTES

A lâmpada de incandescência (como hoje a conhecemos) foi um contributo do norte-americano Thomas Edison e constitui a forma mais antiga e tradicional de iluminação artificial. (RIBEIRO, 2010).

Segundo Bastos (2011), a iluminação incandescente resulta da incandescência de um fio percorrido por corrente elétrica, devido ao seu aquecimento, quanto este é colocado no vácuo ou em meio gasoso apropriado. Para que o filamento possa emitir luz eficientemente, deverá possuir um elevado ponto de fusão e baixa evaporação. Os filamentos são atualmente construídos de tungstênio trefilado.

As radiações emitidas desta forma (resultantes do aquecimento de materiais) denominam-se radiações térmicas ou calóricas, uma vez que dependem exclusivamente da temperatura do corpo emissor. Quando parte dessa radiação é emitida dentro do espectro visível dá-se o fenômeno de incandescência, sendo por isso denominada radiação incandescente. (RIBEIRO, 2010).

As lâmpadas incandescentes podem ser do tipo comum, refletora e halógena, conforme o diagrama apresentado na Figura 5.

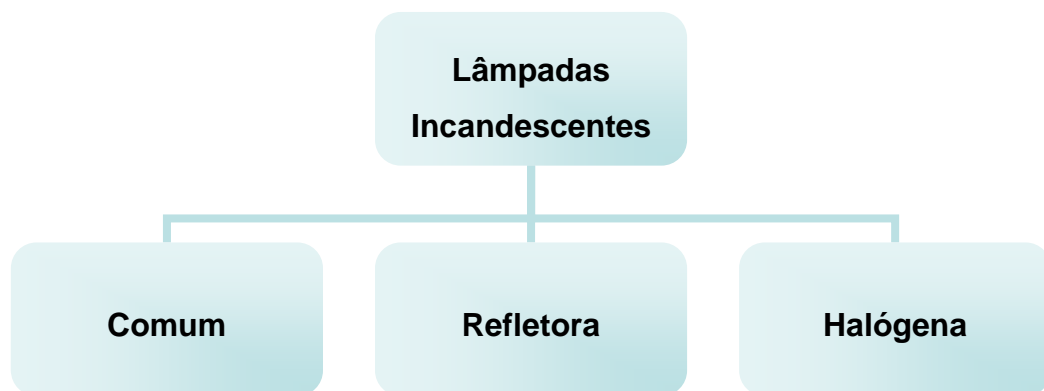


Figura 5: Lâmpadas incandescentes

Fonte: A Autora (2014).

A lâmpada incandescente comum é composta por filamento, ampola, gás de enchimento e base, produzindo incandescência realizada com um aparelho emissor de radiações por elevação da temperatura que resultam da passagem de corrente elétrica por um material condutor. (RIBEIRO, 2010).

As lâmpadas de incandescência refletora constituem fontes de luz de alto rendimento luminoso, dimensões reduzidas e fecho dirigido. (NEVES e MÜNCHOW, 2010). Sua principal característica é possuírem uma cobertura espelhada (normalmente de alumínio) incorporada na superfície interior da ampola, permitindo a reflexão do fluxo luminoso emitido pelo filamento. (RIBEIRO, 2010).

Na mesma categoria encontram-se as lâmpadas halógenas, aquelas que possuem construção especial: contêm halogênio dentro de um bulbo de vidro, adicionado ao gás criptônio, funcionando sob o princípio de um ciclo regenerativo que tem como funções evitar o escurecimento e aumentar a vida mediana. Caracterizam-se também por maior fluxo luminoso em relação à incandescente comum, assim como maior eficiência luminosa e melhor reprodução de cores. (BASTOS, 2011).

As lâmpadas de incandescência demandam baixo custo de produção, o que implica menor custo de compra. E, como são muito utilizadas, aplicando-se a inúmeros ambientes, são fabricadas em ampla gama de potências para uso variado, de acordo com a necessidade de luz a ser emitida. (RIBEIRO, 2010).

A Tabela 2 apresenta os valores usuais de potência das lâmpadas de incandescência e seus respectivos fluxos luminosos e rendimentos luminosos.

Tabela 2: Potência, fluxo e rendimento luminoso das lâmpadas incandescentes

Potência (W)	Fluxo Luminoso (lm)	Rendimento Luminoso (lm/W)
25	230	9,2
40	430	10,8
60	730	12,2
75	960	12,8
100	1380	13,8
150	2220	14,8
200	3150	15,8

Fonte: Ribeiro (2010).

Apesar de serem as mais comuns em termos de uso, e da boa reprodução de cor, as lâmpadas incandescentes têm curta duração e do ponto de vista energético são extremamente ineficientes. (BASTOS, 2011).

A maioria da energia elétrica fornecida para o seu funcionamento é usada numa função diferente do seu objetivo principal. Além disso, há perdas por convecção e por condução, resultantes da atmosfera gasosa que envolve o filamento. Assim, numa lâmpada de incandescência, a distribuição energética

decorrente de seu funcionamento é, aproximadamente, de 70% de radiação infravermelha; de 20% de perdas por condução e convecção; e de 10% de radiação incandescente visível para o olho humano. (RIBEIRO, 2010).

Daí porque essas lâmpadas começam a entrar em desuso no mundo, sobretudo frente à recomendação da Agência Internacional de Energia para que os governos eficientizem o parque de lâmpadas através da sua remoção do mercado. Em vista disso, algumas regiões e países do mundo têm optado por providências de proibição da venda desse tipo de tecnologia de iluminação, caso da União Europeia, Estados Unidos, Austrália, Japão, Cuba e Rússia, entre outros. (BASTOS, 2011).

No Brasil, o consumo anual total de lâmpadas incandescentes nas residências ainda é alto, da ordem de 270 milhões (correspondente a 250 milhões de incandescentes comuns e a 20 milhões de lâmpadas halógenas). Não obstante, o País vem aderindo à política de banimento gradual das lâmpadas de incandescência de uso geral. Em dezembro de 2010, através da Portaria Interministerial nº 1.007, novos índices de eficiência instituídos pela Regulamentação Específica de Lâmpadas Incandescentes entraram em vigor. (BOUYS, 2013).

E desde junho de 2013, o Governo Federal proibiu a comercialização das incandescentes comuns de 150 e 200W em função do gasto de energia que provocam, objetivando que as de 75 e 100W estejam disponíveis apenas por mais um ano a partir de então. Até 2016, as lâmpadas incandescentes devem ser paulatinamente substituídas por outras energeticamente mais eficientes. De acordo com o Ministério das Minas e Energia, essas medidas ocorrem porque as tecnologias que envolvem os sistemas de iluminação se desenvolveram rapidamente nos últimos anos, disponibilizando equipamentos de maior eficiência e durabilidade. (VIEIRA, 2011).

3.2. SISTEMAS BASEADOS EM LÂMPADAS DE DESCARGA

Apenas a partir de 1933 as lâmpadas de descarga foram desenvolvidas, melhorando a eficácia luminosa e a reprodução das cores, facilitando a substituição e, principalmente, proporcionando economicidade energética da tecnologia até então empregada, a das lâmpadas incandescentes.

Segundo Costa (2006), na busca de fontes artificiais mais econômicas, os fabricantes das fontes luminosas pesquisaram outras formas de sua produção que

não fossem apenas de origem incandescente, fazendo surgir as lâmpadas de descarga, baseadas na condução da corrente elétrica através de gases (frequentemente argônio, neônio, xenônio, hélio ou criptônio) e de vapores (de mercúrio e de sódio). (BASTOS, 2011).

Nas lâmpadas de descarga, a energia é emitida sob forma de radiação luminosa provocada pela excitação de gases nobres ou vapores metálicos devido à tensão elétrica entre eletrodos especiais. Esta radiação, que se estende da faixa do ultravioleta até a do infravermelho, depende, entre outros fatores, da pressão interna da lâmpada, da natureza do gás ou da presença de partículas metálicas ou halógenas no interior do tubo. (NEVES e MÜNCHOW, 2010).

Assim, as radiações não dependem da temperatura dos corpos, mas, fundamentalmente da estrutura interna dos elementos químicos constituintes, sendo denominadas de radiações luminescentes: contrariamente às radiações incandescentes, as radiações que não dependem da temperatura do corpo, ou que não se expressam em função da temperatura, mas antes que se relacionam com as trocas energéticas que ocorrem ao nível de seus átomos, denominam-se luminescentes. (RIBEIRO, 2010).

Esta tecnologia, hoje totalmente desenvolvida e largamente disseminada em diversas aplicações de iluminação artificial (seja residencial, comercial, exterior, industrial ou de serviços), divide-se, basicamente, em sistemas que utilizam lâmpadas de descarga de baixa pressão e sistemas que utilizam lâmpadas de descarga de alta pressão. Ambas necessitam de um reator para limitar a corrente e adequar as tensões a seu perfeito funcionamento – os reatores podem ser eletromagnéticos, primeira geração de reatores, ou eletrônicos, necessitando de um ignitor ou starter para acendimento. (BASTOS, 2011).

O diagrama apresentado na Figura 6 sintetiza o sistema que utiliza lâmpadas de descarga, dividindo-o em subsistemas de lâmpadas de baixa e de alta pressão.

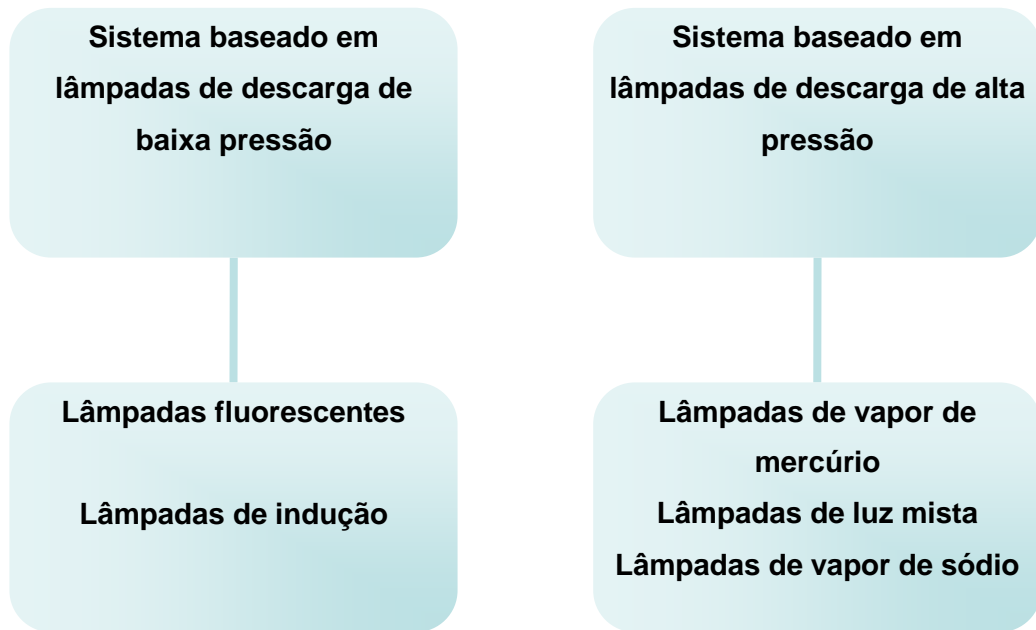


Figura 6: Sistemas baseados em lâmpadas de descarga

Fonte: A Autora (2014).

Cada um desses sistemas é analisado a seguir.

3.2.1 Sistemas com uso de lâmpadas de descarga de baixa pressão

Deste primeiro grupo, sistemas com uso de lâmpadas de descarga de baixa pressão, fazem parte as lâmpadas fluorescentes (tubulares ou compactas), predominantemente utilizadas na iluminação doméstica e comercial – nas residências brasileiras, o consumo anual de lâmpadas fluorescentes é da ordem de 290 milhões, sendo 200 milhões de fluorescentes compactas e 90 milhões de fluorescentes tubulares. (BOUTS, 2013).

As lâmpadas fluorescentes são constituídas por um tubo de vidro em cujas paredes internas é fixado um material fluorescente (cristais de fósforo) onde se efetua uma descarga elétrica entre os cátodos, a baixa pressão, em presença do vapor de mercúrio com o gás argônio. Desta descarga produz-se uma radiação ultravioleta, que, na presença da pintura fluorescente, torna-se visível a olho nu (produzindo luz). (NEVES e MÜNCHOW, 2010).

Tais lâmpadas funcionam com o auxílio de dois dispositivos: o reator constituído de uma bobina enrolada sobre um núcleo de ferro, cujas funções são provocar um aumento da tensão entre os cátodos e limitar a corrente de

funcionamento, e o *starter* (ignitor) em forma de uma ampola de vidro e em cujo interior se encontram duas lâminas bimetálicas imersas em gás neon, cuja função é provocar um pulso na tensão e assim deflagrar a ignição da lâmpada. No caso de reatores de partida rápida, não há necessidade do *starter*. (NEVES e MÜNCHOW, 2010).

As fluorescentes têm maior rendimento quanto menor o diâmetro do tubo de descarga devido ao aumento do número de reflexões. Possuindo arranque e re-arranque praticamente instantâneos, suas principais características são: rendimento luminoso de 60 a 90 lm/W, temperatura de cor de 3.700 a 7.000 K e tempo de vida útil (período economicamente viável) de 6.000 a 18.0000 horas. As fluorescentes compactas, cujo princípio de funcionamento é similar às tubulares, possuem dimensões mais reduzidas e apresentam rendimento luminoso de 50 a 90 lm/W, temperatura de cor entre 2.700 e 5.400 K e tempo de vida útil de 5.000 a 6.000 horas. (FERNANDES, 2008).

Também as lâmpadas de indução fazem parte do grupo de lâmpadas de descarga de baixa pressão.

Tendo como princípio o fato de prescindirem de eletrodos para originar a ionização do gás, essas lâmpadas constituem equipamentos nos quais a luz é obtida por meio de uma descarga de gás gerada por magnetismo (daí porque são denominadas lâmpadas de indução eletromagnética). Um recipiente de descarga que contém gás a baixa pressão e um núcleo cilíndrico criam um campo magnético induzindo a corrente elétrica no gás e provocando sua ionização. (FERNANDES, 2008).

As principais características das lâmpadas de indução eletromagnética são: rendimento luminoso de 65 a 81 lm/W, temperatura de cor entre 2.700 e 4.000 K e tempo de vida útil de cerca de 60.000 horas. (FERNANDES, 2008).

Segundo Kawasaki (2012b), essas lâmpadas apresentam algumas vantagens, tais como longa vida sem manutenção, eficácia luminosa, alta reprodução de cor, opções de temperatura de cor, partida rápida e reacendimento instantâneo, alto fator de potência² e baixas distorções. Não obstante, possuem

² Segundo a Philips (2014), o fator de potência (FP) indica o grau de defasagem entre a tensão e a corrente proporcionada por um reator no circuito elétrico. O valor do fator de potência consiste na relação entre a potência consumida (kW) e a potência fornecida pela concessionária de serviços de energia elétrica (kVA) e revela com qual eficiência uma instalação está utilizando a energia elétrica. Disponível em: <http://www.lighting.philips.com>. Acesso em junho de 2014.

desvantagens, como: custo elevado (principalmente em função do reator, ponto problemático do sistema); geração de radiações eletromagnéticas (que podem sofrer interferências); forma e dimensão não compactas; e não indicação para áreas quentes, pois o calor pode aquecer o bulbo e reduzir a vida útil da lâmpada. (KAWASAKI, 2012b).

3.2.2. Sistemas com uso de lâmpadas de descarga de alta pressão

Do segundo grupo, sistemas que usam lâmpadas de descarga de alta pressão, fazem parte as lâmpadas a vapor de mercúrio, as lâmpadas de luz mista e as lâmpadas a vapor de sódio.

As lâmpadas a vapor de mercúrio são constituídas de um tubo de quartzo ou vidro duro, cheio de gás argônio, contendo uma pequena quantidade de mercúrio. Possuem dois estágios de funcionamento, sendo o primeiro para estabelecer o arco de ignição preliminar para vaporizar o mercúrio e o segundo para formar o arco luminoso definitivo entre os eletrodos principais. A pintura interna é de fosfato de ítrio vanadato, que transforma a radiação ultravioleta em luz avermelhada. (NEVES e MÜNCHOW, 2010). Devido ao processo de ignição, demoram cerca de três minutos para atingir sua claridade total após a ligação; o mesmo tempo se verifica após o seu desligamento, enquanto ocorre o processo de resfriamento. (NEVES e MÜNCHOW, 2010).

As lâmpadas a vapor de mercúrio são comumente utilizadas para a iluminação de ruas, locais públicos, áreas industriais e ambientes desportivos. Suas principais características são: rendimento luminoso de 36 a 60 lm/W, temperatura da cor entre 3.550 a 4.200 K e tempo de vida útil de 10.000 a 24.000 horas. (FERNANDES, 2008).

As lâmpadas de luz mista resultam da necessidade de corrigir a tonalidade azulada da luz emitida nas lâmpadas de vapor de mercúrio. De acordo com Ribeiro (2010), consistem essencialmente na adição de um filamento de tungstênio, como o das lâmpadas de incandescência, em série com o tubo de descarga. Assim a falta de radiação da zona de vermelho é corrigida pela emissão por incandescência que o filamento de tungstênio produz.

Em geral, as lâmpadas de luz mista são usadas para iluminação de locais que necessitam de grande quantidade de luz e simplicidade na instalação, sem

preocupações com eficiência energética.³ Suas principais características são rendimento luminoso de 19 a 29 lm/W; temperatura de cor entre 3.400 e 4.100 K e tempo de vida útil de cerca de 10.000 horas. (FERNANDES, 2008).

Na visão de Neves e Münchow (2010), este tipo de lâmpada reúne em um só equipamento as vantagens da lâmpada incandescente, da fluorescente e da de vapor de mercúrio, pois atinge uma luz semelhante à luz do dia, sendo que, comparada à lâmpada incandescente, tem fluxo luminoso de 20 a 35% maior e durabilidade cerca de seis vezes maior.

As lâmpadas de vapor de sódio assemelham-se às lâmpadas de vapor de mercúrio, quer em aspectos construtivos ou no princípio de funcionamento. São constituídas por um tubo de descarga feito em óxido de alumínio capaz de suportar as altas pressões a que se submetem os gases e conseqüentemente a altas temperaturas de funcionamento. (RIBEIRO, 2010).

Assim como as lâmpadas de vapor de mercúrio, o valor da pressão do gás dentro do tubo de descarga tem grande importância em termos de eficiência energética e de características da luz emitida. O sódio é utilizado, principalmente porque com ele consegue-se maior proporção de radiação visível em relação ao mercúrio, alcançando-se maior rendimento luminoso. Portanto a vantagem da lâmpada de vapor de sódio sobre a lâmpada de vapor de mercúrio é a emissão de maior porcentagem de radiação visível. (RIBEIRO, 2010; FERNANDES, 2008).

As principais características das lâmpadas de vapor de sódio são: rendimento luminoso de 80 a 150 lm/W, temperatura de cor de 2.000 a 2.500 K e tempo de vida útil de cerca de 8.000 horas, sendo que algumas empresas (como a Osram) já produzem lâmpadas de vapor de sódio que duram até 32.000 horas. (FERNANDES, 2008).

Embora o preço da lâmpada de vapor de sódio de alta pressão seja pouco mais elevado que o preço da lâmpada de vapor de mercúrio, o seu alto rendimento torna-a gradualmente mais solicitada em numerosas aplicações. (FERNANDES, 2008). Segundo Neves e Münchow (2010), em função de tais lâmpadas produzirem uma luz monocromática amarela, sem ofuscamento, consistem na melhor solução para a iluminação de locais sujeitos à formação de névoas, onde é preciso grande

³ Eficiência energética é a relação entre fluxo luminoso e potência (lúmens/Watt). (BLEY, 2012).

percepção visual, por exemplo, pontes, viadutos, cais, túneis, aeroportos, indústrias pesadas etc.

O próximo Capítulo disserta sobre a tecnologia LED, descrita como o terceiro estágio na evolução da lâmpada elétrica. Em 15 anos, houve mais avanços com os LEDs do que em toda a evolução da lâmpada. (KALACHE et al, 2013; RAUTEMBERG, 2014). O tema é tratado de um ponto de vista histórico-conceitual e em seus principais aspectos. Uma discussão acerca das vantagens e desvantagens dos LEDs é estabelecida, bem como os desafios do uso dessa tecnologia até o momento.

4 TECNOLOGIA A LED

4.1. ASPECTOS HISTÓRICOS, CONCEITUAIS E CARACTERÍSTICAS

A origem dos LEDs remonta ao início do século 20, mas o interesse no estudo desses dispositivos foi intensificado nos anos 1950 do século XX, coincidindo com o desenvolvimento da microeletrônica. (BURINI JUNIOR e SANTOS, 2013).

Os Diodos Emissores de Luz (*Light Emitting Diodes* – LEDs na sigla em inglês) foram desenvolvidos no início da década de 1960, com um diodo emissor de infravermelho. Em 1962, o pesquisador da GE, Nick Holonyak Jr., desenvolveu o primeiro LED que emitia luz visível (vermelho). (RAUTEMBERG, 2014). O emprego deu-se a partir da observação de que o comprimento de onda da radiação óptica emitida podia ser deslocado da região infravermelha para a banda visível do espectro. Em fins da década de 60 foi referido o primeiro LED comercial. (RIBEIRO et al, 2012; BURINI JUNIOR e SANTOS, 2013).

Na década de 1970, essa tecnologia passou a ser economicamente viável. Nos anos 1980, os primeiros LEDs de alta luminosidade (*High-Brightness LEDs* ou HB LEDs) foram desenvolvidos. Os LEDs de luz azul, também chamados '*Cool LEDs*', foram desenvolvidos no início da década de 1990 e ainda nesta década obteve-se emissão de luz branca por esses dispositivos com consequente início da aplicação do LED em iluminação – a criação do LED branco é considerada um marco na indústria da iluminação. Os LEDs de alta potência (*Power LEDs*) entraram no mercado já no século XXI. (RIBEIRO et al, 2012; BURINI JUNIOR e SANTOS, 2013; RAUTEMBERG, 2014).

A Figura 7 pontua a evolução da tecnologia a LED.



Figura 7: Evolução da tecnologia LED

Fonte: Ribeiro et al (2012).

Para definir a tecnologia LED, é preciso compreender os conceitos de semicondutores e de diodos.

Semicondutores são materiais que não são nem condutores nem isolantes; alguns elementos químicos têm esta propriedade. (RAUTEMBERG, 2014). Consistem em materiais que se caracterizam por se comportarem como condutores ou como isolantes elétricos. (PINTO, 2013). Os dispositivos semicondutores eletroluminescentes estão assumindo grande importância na atualidade – são vários os dispositivos relacionados a essa família, entre eles painéis eletroluminescentes, diodos a laser, diodos infravermelhos e os LEDs, além de painéis LED. (LOPES, 2014).

Já diodo, é todo dispositivo ou componente eletrônico composto por material semicondutor que é alimentado por uma corrente elétrica que transita do cátodo (negativo) para o ânodo (positivo). (SERBENA, 2013). Quando combinados de forma adequada, os semicondutores formam o diodo semicondutor. (RAUTEMBERG, 2014).

A tabela periódica mostra os grupos 1A a 8A e os subgrupos 3B a 8B. Uma seta vermelha aponta para o grupo 16 (chalcogênios) e uma seta preta aponta para o grupo 13 (boro, alumínio, gálio, índio, tálio). O elemento Selênio (Se) está circulado em preto.

Figura 8: Semicondutores formando o diodo semicondutor

Fonte: Rautemberg (2014).

Os LEDs consistem em componentes eletrônicos (chips) baseados em materiais semicondutores que, quando energizados, têm a propriedade de transformar energia elétrica em luz, emitindo luz visível. A emissão de luz se dá por efeito quântico. (LIMA et al, 2009).

Constituem diodos semicondutores que emitem luz quando polarizados diretamente, ou seja, produzem luz apenas quando uma corrente direta e contínua

passa e a quantidade de luz emitida é proporcional à corrente, significando que a intensidade da luz aumenta aproximadamente de forma linear com o aumento da corrente. (LOPES, 2014). O estímulo causado pela corrente elétrica nos diodos é unidirecional, isto é, praticamente só é produzida a luz se a corrente passar pelo diodo na direção ‘certa’, ou seja, do ânodo (polo positivo) para o cátodo (polo negativo). (PINTO, 2013).

Quanto ao princípio de funcionamento, diferentemente das tecnologias das lâmpadas convencionais, que utilizam filamentos metálicos, radiação ultravioleta e descarga de gases, nos LEDs, a transformação da energia elétrica em energia luminosa é feita na matéria, sendo por isso chamada de iluminação em estado sólido (*solid state*), daí advindo a denominação *Solid State Lighting* (SSL). (CRICCI e TEIXEIRA, 2013; BURINI JUNIOR e SANTOS, 2013).

Conforme Lopes (2014, p. 2):

O LED é um tipo de diodo semicondutor em estado sólido. A luz é gerada dentro de um chip cujo tamanho não é maior do que 0,25 mm². Esse chip é um cristal em estado sólido e, por isso, é muito utilizado um termo inglês para definir essa nova forma de se fazer luz, o SSL (Solid State Light), que quer dizer luz em estado sólido.

Portanto, a grande diferença desta tecnologia em relação às formas convencionais de iluminação artificial é o modo de gerar luz: ao invés de produzi-la por aquecimento de material como ocorre na lâmpada incandescente ou pela ativação de um gás como ocorre na lâmpada fluorescente, no LED a luz é gerada pela ativação de material em estado sólido. (SERBENA, 2013).

Por outro lado, assim como as lâmpadas de descarga, os LEDs não podem ser ligados diretamente à rede elétrica, pois, operando com níveis de tensão diferentes dos sinais fornecidos pela rede, necessitam de circuito auxiliar para seu funcionamento (*drivers* para acionamento e controle da corrente elétrica de alimentação, reatores ou conversores), a fim de adequar esses sinais e limitar a corrente a eles aplicada. (PINTO, 2008; NOGUEIRA et al, 2012).

Um *driver* é uma fonte de alimentação eletrônica em corrente contínua regulada e estabilizada. Segundo Rautemberg (2014), um bom *driver* deve:

- Converter a corrente alternada em corrente contínua;
- Transformar a tensão da rede em um nível adequado à operação;
- Filtrar os ‘ruídos’, reduzindo a ondulação na tensão retificada;

- Ter isolamento entre o circuito de saída em corrente contínua, da entrada de rede elétrica em corrente alternada;
- Ser dotado de circuitos de proteção contra eventuais curto-circuitos na saída;
- Ter tensão de saída regulada e estabilizada, independentemente da variação da tensão de entrada;
- No caso de alimentação de múltiplos LEDs, prover a variação proporcional da tensão, entretanto, mantendo a corrente do circuito série constante.

Em sua maioria, os LEDs são constituídos pela junção de dois materiais semicondutores distintos, um do tipo P, composto pelos que possuem maior concentração de buracos, e outro do tipo N, composto pelos que possuem excesso de elétrons. (PINTO, 2013). Assim, há dois tipos de materiais na junção P-N: um com lacunas (positivo) e outro com elétrons (negativo). (LOPES, 2014).

Na junção P-N dos LEDs, como ocorre em alguns dispositivos semicondutores, o lado P contém essencialmente lacunas (ou falta de elétrons) enquanto o lado N contém essencialmente cargas negativas (excesso de elétrons). Quando polarizados diretamente, os elétrons e lacunas se movimentam em direção ao mesmo ponto. Assim, a combinação entre esses elementos resulta na emissão de fótons, unidades básicas da luz. (PINTO, 2008). Ou seja, a definição do diodo emissor de luz LED, dispositivo de estado sólido, compreende uma junção P-N que emite radiação óptica quando excitado por corrente elétrica. (BURINI JUNIOR e SANTOS, 2013).

À medida que passa uma corrente elétrica, forçando o fluxo de elétrons em direção às lacunas, a recombinação elétron-lacuna provoca a liberação de energia sob a forma de radiação eletromagnética. (LOPES, 2014). A luz, portanto, é produzida pela recombinação de elétrons e buracos que resultam na emissão de fótons. (PINTO, 2013).

Conforme Ribeiro et al (2012, p. 112):

Nestes materiais, a luz é emitida através da recombinação de elétrons e lacunas em excesso que são produzidos por injeção decorrente com pequenas perdas de energia. De acordo com Schubert (2003), este fenômeno é conhecido como eletroluminescência sendo a base de funcionamento de todos os LEDs.

Na Figura 9 é possível observar o diagrama de funcionamento dos LEDs.

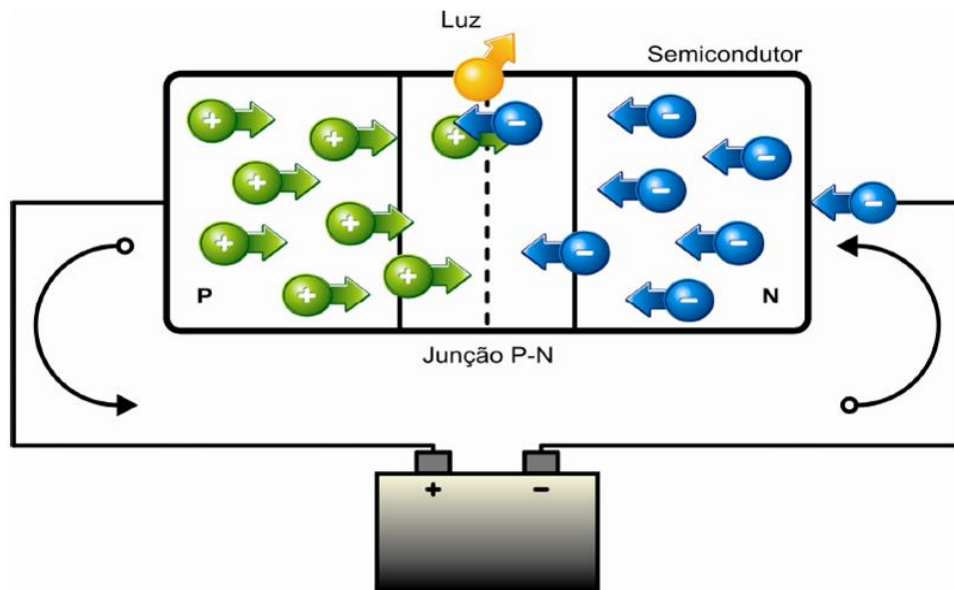


Figura 9: Processo de emissão de luz de um LED

Fonte: Pinto (2008).

Pela Figura 9, observa-se que a junção P-N, por si só, não produz luz. É necessária a presença de uma fonte de energia polarizada externa, promovendo a combinação dos elétrons com as lacunas, liberando fótons e produzindo luz. (LOPES, 2014).

Do ponto de vista construtivo, os componentes básicos de uma lâmpada LED são: lente plástica protetora; eletrodo; fio de ouro e conexão; dissipador de calor; silicone para proteção contra descargas eletrostáticas; e o chip LED, como ilustra a Figura 10. (RIBEIRO et al, 2012).

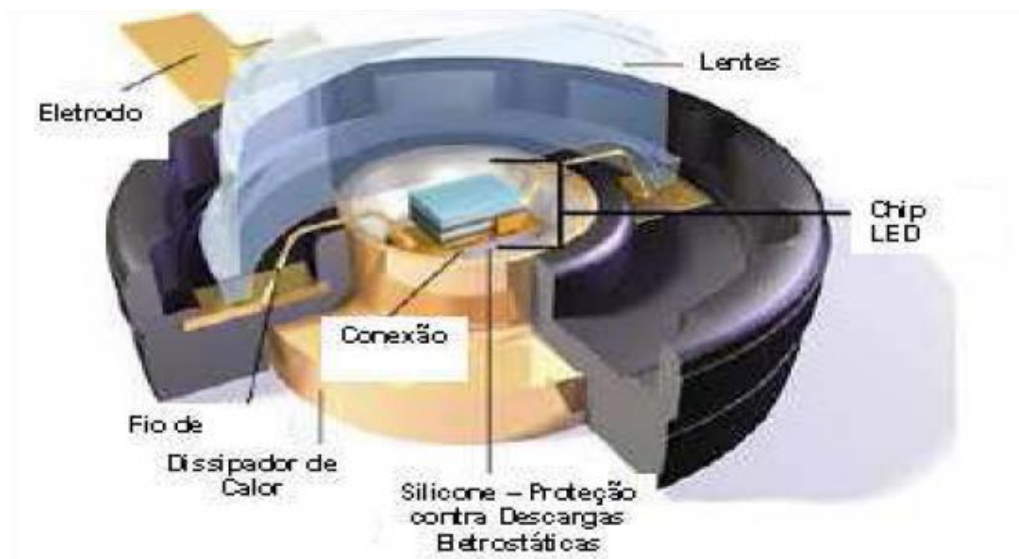


Figura 10: Componentes básicos de uma lâmpada LED

Fonte: Ribeiro et al (2012).

O LED é um dispositivo monocromático que depende dos níveis de energia necessários para que os elétrons se combinem com as lacunas. (LOPES, 2014).

A combinação de diferentes materiais semicondutores em estado sólido utilizados na sua construção é que influencia a produção de diferentes cores (comprimento de onda) e a eficiência do dispositivo, sendo as principais combinações: AllnGaP (fosforeto de alumínio-índio-gálio) que produz as cores vermelha, laranja, amarela e âmbar e o InGaN (nitreto de índio-gálio) que emite luminescências azul, verde e ciano. (KALACHE et al, 2013; PINTO, 2013).

Nos LEDs, o material semicondutor é dotado de alguns compostos químicos para obter as radiações de luz desejadas, sendo devidamente isolado para proteção da corrente elétrica. A esse conjunto é dado o nome de '*packaging*'. (SERBENA, 2013).

A Figura 11 apresenta tabela cromática em que cada elemento produz uma cor de luz. No centro encontra-se o branco, que é o somatório em proporção adequada de todas as cores.

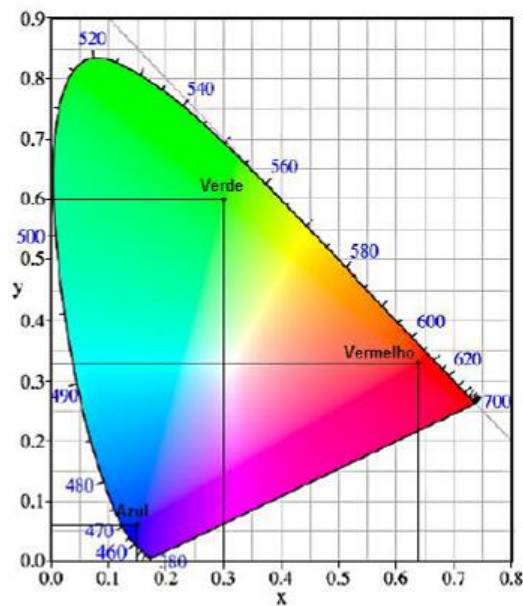


Figura 11: Tabela cromática

Fonte: Lopes (2014).

Segundo Lopes (2014), são três as principais técnicas para obtenção do branco nos LEDs:

- **Luz azul+fósforo amarelo** – forma mais utilizada, que consiste na colocação de uma camada de fósforo amarelo em cima do LED azul. Na passagem da luz azul pelo fósforo, ela se transforma na luz branca, num processo semelhante ao que ocorre na formação da luz fluorescente, em que o ultravioleta atravessa uma camada de fósforo se transformando em luz visível. Apesar do processo nos LEDs ser diferente, não deixa de lembrar o fenômeno luminoso das fluorescentes. Nesse fósforo amarelo, na verdade, existem fósforos emissores de luz visível que são excitados abrangendo várias frequências e fornecendo a luz branca;
- **Mistura de cores** – que consiste em misturar diretamente luzes de três fontes monocromáticas de LED, vermelhas, verdes e azuis (processo denominado RGB – (do inglês *Red*, *Green* e *Blue*), a fim de se produzir uma fonte de luz branca através da combinação das três cores no olho humano;
- **Terceira técnica** – que utiliza um LED azul para excitar um ou mais fósforos emissores de luz visível. O LED é projetado para deixar

escapar um pouco da luz azul entre o fósforo para gerar a porção azul do espectro enquanto o fósforo converte a porção remanescente da luz azul em porções vermelhas e verdes no espectro.

Segundo Rautemberg (2014), embora o RGB seja um processo de obtenção de luz branca, ele é menos eficiente e, inclusive, pode trazer problemas como múltiplas sombras coloridas decompostas, conforme a Figura 12:



Figura 12: Sombras coloridas provenientes do processo RGB

Fonte: Rautemberg (2014).

Já para Pinto (2013), há dois modos reconhecidos na geração de luminescência branca em LEDs: a combinação do espectro RGB, que pode produzir muitas cores dependendo da intensidade de cada cor individualmente, e o uso do LED azul acrescido de mais fósforo, sendo que este é considerado o melhor modo de obtenção de LED de luz branca. (PINTO, 2013).

A consistência de cor é um índice da qualidade da luz que se aplica tanto a LEDs de luz branca quanto aos coloridos. Sempre que se trata de luz branca, a temperatura da cor (ou a aparência de cor) é descrita tendo uma aparência 'quente' (branco tendendo ao alaranjado), neutra ou 'fria' (branco tendendo ao azulado). (PINTO, 2013).

Serbena (2013) afirma que há duas tipologias de LEDs no mercado atualmente: os LEDs de baixa potência e os LEDs de potência. Os primeiros possuem tamanho reduzido, apresentam pequena potência (W) e em geral

produzem de dois a quatro lúmens. No processo tecnológico de montagem de placas eletrônicas, são mais encontrados em componentes THT (*Throug Hole Technology*), que são fixados na placa eletrônica através de um furo do lado oposto ao do circuito eletrônico.

Os LEDs de potência possuem potência superior a 1W. Trabalham com correntes de alta amperagem, podendo produzir até 115 lm/W, e necessitam de um gerenciamento térmico para a extração do calor gerado. No processo tecnológico de montagem de placas eletrônicas, em geral, são mais encontrados em componentes SMD (*Surface Mount Device*), que são fixados na placa eletrônica no mesmo lado do circuito, permitindo a otimização da placa que pode ser usada de ambos os lados. Dificilmente esses LEDs produzem radiações infravermelhas. (SERBENA, 2013).

No entanto, devido ao alto fluxo de corrente elétrica, há aumento na temperatura de operação, implicando o uso de dissipadores de calor. (NOGUEIRA et al, 2012) – em geral, a luminária de lâmpada LED já vem com dissipador de calor, projetado para garantir uma temperatura ideal de trabalho. (RAUTEMBERG, 2014).

Já Sá Junior (2010) divide os LEDs atuais em três categorias: LEDs indicadores, LEDs de alto brilho (HB-LEDs) e LEDs de potência – em linguagem acessível, potência é o índice que define o consumo de energia. No caso dos LEDs, o termo ‘potência’ está associado à produção de boa quantidade de energia luminosa, isto é, luz e suas grandezas. (LOPES, 2014).

Os LEDs indicadores são os LEDs mais comuns e geralmente possuem um invólucro colorido que tem a função de filtro óptico. Os LEDs de alto brilho emitem luz em um comprimento de onda específico e não necessitam de filtros ópticos. Em geral são transparentes e possuem uma eficiência maior que a dos LEDs indicadores, o que permite a extração de um fluxo luminoso maior. Os HB-LEDs já são bastante empregados em aplicações sem necessidade de reflexão da luz e em aplicações com baixa luminosidade como, por exemplo, em semáforos, em painéis eletrônicos e em lanternas.

Os LEDs de potência são caracterizados pela necessidade da utilização de dissipador e por suportarem potências maiores ou iguais a 1W. Já são utilizados para iluminação em ambientes internos, sendo aplicados em projetos arquitetônicos e vitrines, substituindo as lâmpadas halógenas. Os LEDs de alta potência, que possuem potência total de até 200W, são módulos planares de LEDs compostos por vários semicondutores em um único encapsulamento. (SÁ JUNIOR, 2010).

Durante várias décadas os LEDs foram empregados com a única função de indicar o estado de funcionamento de produtos eletroeletrônicos. As primeiras lâmpadas LED tinham tamanho maior do que as atuais e ficaram conhecidas como luzes verdes ou vermelhas de baixa potência que indicavam o status de operação de equipamentos eletroeletrônicos (Figura 13). (RIBEIRO et al, 2012; BOUTS, 2013).



Figura 13: LED vermelho e LED indicando equipamento em funcionamento

Fonte: Rautemberg (2014).

Posteriormente, os LEDs tornaram-se fonte luminosa mais confiável para diversos equipamentos e aplicações, podendo gerar uma única cor ou mais de uma cor dependendo do material utilizado. Com maior potência, passaram então a ser usados como elementos sinalizadores, por exemplo, como lâmpadas de emergência e de iluminação pública. O LED de sinalização, também conhecido como radial, foi o primeiro a aparecer no mercado e atualmente continua sendo usado de forma abundante, pois sua principal característica é o pequeno consumo de energia. (LOPES, 2014).

O setor de iluminação pública destacou-se como pioneiro na substituição de lâmpadas convencionais de descarga por LEDs em luminárias para iluminação de ruas e semáforos de trânsito, conforme Figura 14. (LIMA et al, 2009; RIBEIRO et al, 2012; BOUTS, 2013).



Figura 14: Luminária de iluminação pública e semáforo com utilização de LED

Fonte: Bouts (2013).

No caso dos sistemas de iluminação pública, características como o alto índice de reprodução de cor (IRC), alta eficiência luminosa (lm/W), longa vida útil, alta resistência mecânica e redução da poluição luminosa fizeram dos LEDs uma excelente opção. (NOGUEIRA et al, 2012). De acordo com Burini Junior e Santos (2013), a penetração do LED na sinalização semafórica pode ser justificada a partir de atributos pouco aparentes, como a maior imunidade a vibrações e redução da potência elétrica instalada.

Os primeiros testes com LED em sistemas de cultivo tiveram início no final da década de 1980 objetivando maior eficiência neste campo. Na horticultura, assim como na cultura de tecidos, sistemas de iluminação artificial com uso de LEDs desempenham um grande número de funções, entre elas o fornecimento de luz específica, influenciando a morfologia do vegetal, e o controle preciso de fluxo luminoso, indo desde baixos fluxos até altos, semelhantes ao do sol. (GARDE, 2013).

A partir da década de 1990, o desenvolvimento de LEDs de emissão de luz branca tornou possível a utilização desse dispositivo em outras aplicações, como a iluminação de ambientes. Paulatinamente, o emprego dos Diodos Emissores de Luz passou a fazer parte dos sistemas de iluminação destinados a ambientes interiores, como o doméstico e o comercial, em residências, lojas, escritórios, galpões industriais etc – embora presentes na iluminação arquitetural desde 1998, somente a partir de 2003, com o “branco quente”, os LEDs se firmaram nesse segmento. (RAUTEMBERG, 2014).

Especialmente na iluminação residencial e comercial, a tecnologia LED aparece atualmente como uma alternativa de importante aplicação. (KALACHE et al, 2013). Esses setores demandam quantidade significativa de energia para iluminação de ambientes e planos de trabalho. Em função disso, devem ser alvo particular de atenção, especialmente do ponto de vista da eficiência energética. (BURINI JUNIOR e SANTOS, 2013).

Segundo Pinto (2008) e Kalache et al (2013), três fatores fazem dos LEDs elementos importantes nas instalações residenciais e comerciais, uma vez que nesses ambientes a iluminação tem função decorativa mais acentuada:

- Facilidade de substituição de lâmpadas incandescentes e fluorescentes por diodos de luz branca nos sistemas de iluminação;

- O fato de a utilização de três LEDs coloridos ou de apenas um LED RGB proporcionar um feixe luminoso branco ou de qualquer cor intermediária a essas três cores (vermelho, verde e azul) simplesmente com a alteração da intensidade luminosa de cada LED; e
- O feixe direcionado de luz, característico destas lâmpadas, semelhante ao das lâmpadas dicróicas, embora o ângulo de abertura da lente de um LED possa variar bastante – LEDs de alto brilho normalmente têm um ângulo de abertura de aproximadamente 20° a 30° enquanto nos LEDs de potência este valor é em torno de 150°.

Estima-se que até o final de 2014, as vendas de LEDs para uso comercial e industrial movimentem mais de 1 bilhão de dólares e que até 2020 os LEDs conquistem 46% do mercado de iluminação comercial, industrial e viária. (SERBENA, 2013).

No Brasil, sistemas com o uso de LED respondiam em 2011 por 10% do mercado de iluminação. Até 2020, estima-se que 75% de todos os projetos de iluminação do mercado brasileiro utilizem LEDs e os 25% restantes sejam divididos entre todas as outras tecnologias existentes. (DIAS e COELHO, 2011).

Certamente, essas previsões ocorrem em função dos novos paradigmas introduzidos por essa tecnologia na medida em que representa uma ruptura na iluminação artificial tradicional.

Os LEDs são reconhecidos como precursores de uma nova Era no setor de iluminação artificial (englobando fontes luminosas, controles e luminárias) graças aos benefícios e vantagens que apresentam em relação às fontes convencionais. (GOIS, 2008). Fala-se, inclusive, que, num futuro próximo, o mercado de iluminação assistirá à substituição total das tecnologias convencionais por LEDs. Estudos de mercado apontam que a penetração dos LEDs no mundo atualmente gira em torno de 15% e que será de 50% em 2015. (FREITAS, 2010; FREITAS, 2011).

Apesar disso, a literatura também aponta desvantagens e desafios relacionados ao uso de LEDs.

Vantagens e desvantagens da tecnologia LED são tratados na sequência da pesquisa, que também propõe uma discussão a partir de diferentes estudos.

4.2 VANTAGENS E DESVANTAGENS DOS LEDS

Dentre as vantagens dos LEDs sobre as tecnologias convencionais de iluminação artificial, citam-se:

- Tecnologia inovadora;
- Aplicação variada e flexibilidade de uso devido às formas (*design*) e dimensões reduzidas;
- Acionamento instantâneo e dimerização (a partir de *driver* dimerizável);
- Diversidade de ângulos de abertura de fecho;
- Durabilidade (especialmente porque o LED não possui filamento incandescente) e longa vida útil (100.000 horas de vida útil);
- Redução dos custos de manutenção/reposição, um dos grandes atrativos da tecnologia LED. Segundo Barbosa (2013), isso foi constatado em período de ensaios, quando verificou-se que, após 10 mil horas, apenas 4% das amostras de lâmpadas LED falharam;
- Bom índice de reprodução de cor;
- Qualidade de cor e versatilidade de tons de luz branca;
- Variedade e controle de cores;
- Variação da temperatura de cor;
- Cores saturadas;
- Alta eficiência luminosa, pois são fontes de luz pontuais, com perda menor do que as lâmpadas tradicionais (diz-se, inclusive, que uma lâmpada LED consegue superar a eficiência de uma lâmpada incandescente em até aproximadamente 40W). Segundo Barbosa (2013), há cerca de três anos a eficiência luminosa de uma lâmpada tubular de LED era em média de 60 lm/W. Hoje, as mesmas lâmpadas no mercado possuem eficiência luminosa de 110 lm/W;
- Maior eficiência de luz na comparação com outros diodos – os LEDs emitem o máximo de fótons e concentrariam essa emissão em uma direção;
- Alta eficiência energética – pois como não existe alta quantidade de energia térmica dissipada, uma maior porcentagem da energia elétrica consumida é usada para a produção de luz, economizando a demanda por energia elétrica;

- Maior robustez e melhor rendimento em relação à iluminação convencional;
- Fácil adaptação aos circuitos modernos (tanto sua tensão como corrente de operação são baixas);
- Convergência digital;
- Maior resistência a vibrações e choques mecânicos (o que aumentaria a gama de aplicações). (BRAGA, 2008; NOVOA e TOMIOKA, 2009; LIMA et al, 2009; FREITAS, 2010; FREITAS, 2011; KAWASAKI, 2011; BARBOSA, 2013; RAUTEMBERG, 2014).

De acordo com a literatura (MOTTA e AGUILAR, 2009; BRAGA, 2008; NOVOA e TOMIOKA, 2009; LIMA et al, 2009; FREITAS, 2010; FREITAS, 2011; KAWASAKI, 2011; SERBENA, 2013; RAUTEMBERG, 2014), os LEDs são compatíveis com o conceito de sustentabilidade. Apresentam desempenho ambiental superior na comparação com as tecnologias tradicionais de iluminação artificial devido aos pontos destacados no Quadro 1.

Usam menor quantidade de material para serem produzidos
Não contêm filamentos ou partes em vidro
Partes componentes são facilmente separáveis e recicláveis
Não emitem substâncias tóxicas ao meio ambiente, por exemplo, de metais nocivos como o mercúrio
Não produzem radiação ultravioleta e infravermelha
São energeticamente eficientes, propiciando baixo consumo de energia com economia de até 80% na comparação com outras tecnologias
Possuem fácil integração com tecnologias fotovoltaicas de geração de energia
Seu tamanho reduzido simplifica a movimentação de material de entorno, como embalagens, transporte, distribuição comercial e logística

Quadro 1: Características de sustentabilidade dos LEDs

Fonte: A Autora (2014).

O custo da tecnologia a LED, hoje de duas a três vezes superior ao custo das lâmpadas convencionais, não é fator considerado problema pela literatura, pois seus benefícios, em especial o alto rendimento e a longa vida útil, criariam um

mecanismo de compensação, significando uma relação custo/benefício equilibrada. Ademais, prevê-se a redução dos preços dos LEDs no curto prazo (haveria uma tendência natural de baixa quanto ao seu valor no mercado) devido à crescente evolução e aperfeiçoamento do espectro de emissão de luz do dispositivo, produção em escala e geração de cultura de iluminação. (GOIS, 2008; FREITAS, 2010; FREITAS, 2011; RAUTEMBERG, 2014).

Ou seja, os LEDs reuniriam todos os requisitos necessários à substituição dos sistemas convencionais de iluminação em quaisquer circunstâncias.

Em contraponto, a literatura também observa aspectos negativos e desafios ainda presentes na utilização dos LEDs.

Novoa e Tomioka (2009) mencionam o alto custo de produção em comparação com outras lâmpadas, sensibilidade a alterações de voltagem (implicando a necessidade de um resistor no circuito) e complexidade tecnológica para desenvolvimento, ainda não plenamente conhecida e pouco explorada no Brasil.

A qualidade da luz emitida pelos LEDs é questionada. Para Novoa e Tomioka (2009), é ainda inferior à das lâmpadas convencionais, podendo alterar a cor dos objetos. Ademais, tenderia a ser difusa, não proporcionando iluminação focalizada e incorrendo em perda do fluxo luminoso. Gois (2008) observa que, atualmente, LEDs de boa qualidade com especificação de 20.000 a 50.000 horas têm perda de fluxo luminoso de 30%, mesmo parâmetro empregado pelos fabricantes de lâmpadas tradicionais na definição de sua vida útil.

Cogita-se, inclusive, que a emissão da luz dos sistemas LED possa causar danos. Segundo Serbena (2013), a Agência Francesa para Alimentação, Saúde Ambiental e Ocupacional advertiu, em relatório de 2010, que para a iluminação em interiores os LEDs são pontos de luz altamente concentrados que provocam desconforto visual uma vez que o ponto de luz pode ser até mil vezes mais intenso do que o aceitável. Ainda nesse mesmo sentido, o desgaste da camada de fósforo utilizada em LEDs de emissão de luz branca poderia levar os dispositivos à progressiva elevação de luz azul, provocando danos a estruturas celulares da retina de populações sensíveis. (SERBENA, 2013).

Braga (2008) afirma que, em aplicações que exigem iluminação constante, com o tempo a luminosidade dos LEDs se degrada, podendo reduzir-se à metade ao final de sua vida útil. Assim, a durabilidade dos LEDs também é questionada,

embora alguns fabricantes garantam durabilidade de 50 mil horas dos LEDs contra a durabilidade de 10 mil horas das lâmpadas fluorescentes, por exemplo. (NOYA et al, 2013).

Segundo Barbosa (2013), apesar da durabilidade, a tecnologia LED não tem conseguido manter suas características elétricas e fotométricas constantes ao longo de sua vida útil: a depreciação do fluxo luminoso na maioria de amostras estudadas chega a ser superior a 50% após 10 mil horas, valor bastante expressivo a levar-se em conta a vida declarada de 30 mil horas dos LEDs. De acordo com a autora, estudos verificaram que com apenas um terço da sua vida útil uma lâmpada a LED já havia perdido metade do seu fluxo luminoso inicial, apesar de amostras de outros estudos apresentarem menos de 5% de depreciação. (BARBOSA, 2013).

Quanto à relação fluxo luminoso/consumo, um desafio atual da aplicação de LEDs é alcançar a melhor relação lúmens por Watt. (RAUTEMBERG, 2014).

A pouca dissipação de calor é outro aspecto considerado desvantajoso na tecnologia a LED, tanto que as luminárias já são comercializadas em conjunto com dissipadores de calor. Segundo Rautemberg (2014), a luz emitida pelo LED não irradia calor, mas seu chip, sim. Esse calor precisa ser subtraído, pois a temperatura nesse caso é um vilão a encurtar a vida útil do LED. Quanto maior a potência do LED, mais calor ele gera e conseqüentemente mais calor precisa ser dissipado.

Ou seja, como o chip do LED produz calor em função do consumo de uma corrente estabilizada, a dissipação térmica se torna uma barreira técnica para o seu aperfeiçoamento – Novoa e Tomioka (2009) observam que é forte a dependência da temperatura no funcionamento dos LEDs. A temperatura ambiente de operação desse equipamento é considerada por Barbosa (2013) um dado técnico importantíssimo, pois o funcionamento do LED é bastante influenciado por esse parâmetro.

Esse aspecto influencia na durabilidade dos dispositivos a LED, somente possível com o uso de dissipadores de calor, em sua maioria de alumínio, considerado um bom condutor térmico. Com um dissipador um pouco menor do que o recomendado, a vida útil do LED pode ser afetada, fazendo com que ele não dure tanto quanto em condições ideais de aplicação. (GOIS, 2008; FREITAS, 2011).

Há questionamentos quanto ao índice de reprodução de cor, cujo aumento é o foco atual da indústria dos LEDs: mesmo com IRC próximo a 80, ainda existiria um

longo caminho para essas lâmpadas chegarem ao patamar das incandescentes, que é de 100. (RAUTEMBERG, 2014).

Outro ponto levantado diz respeito ao fato de que, se de um lado, sozinho e individualmente, o LED proporciona baixo consumo de energia, apresentando-se eficiente do ponto de vista energético, por outro, nas luminárias, onde há diversos desses componentes, a eficiência energética é reduzida, exatamente como ocorre em relação às fontes tradicionais de iluminação. (GOIS, 2008). Desse modo, importa menos o quanto se economiza com o LED individualmente e mais o impacto do conjunto no consumo de energia. (SERBENA, 2013).

Braga (2008) pondera que as características dos LEDs, tanto em relação ao brilho com o passar do tempo como em relação à variação da temperatura não seriam tão excelentes a ponto de nos garantir que esses dispositivos poderiam ser utilizados sem complicações em qualquer aplicação. Quanto à temperatura de cor, Rautemberg (2014) afirma não haver maiores obstáculos para o LED atingir temperatura de cor baixa (2.700^o K): o problema ainda seria a relação fluxo luminoso X temperatura de cor.

As lentes das lâmpadas, chamadas de colimadores, podem problematizar o uso de LED, pois alteram o fecho original da lâmpada, concentrando ou difundindo, mais ou menos, a luz. Segundo Rautemberg (2014), para cada tipo de LED há uma ótica específica. Em uma luminária com a mesma estrutura, apenas intercambiando lentes obtém-se diversos fechos diferentes. O conjunto ótico precisa ter qualidade para evitar manchas ou anéis e manter a uniformidade da luz projetada, situação ilustrada na Figura a seguir.

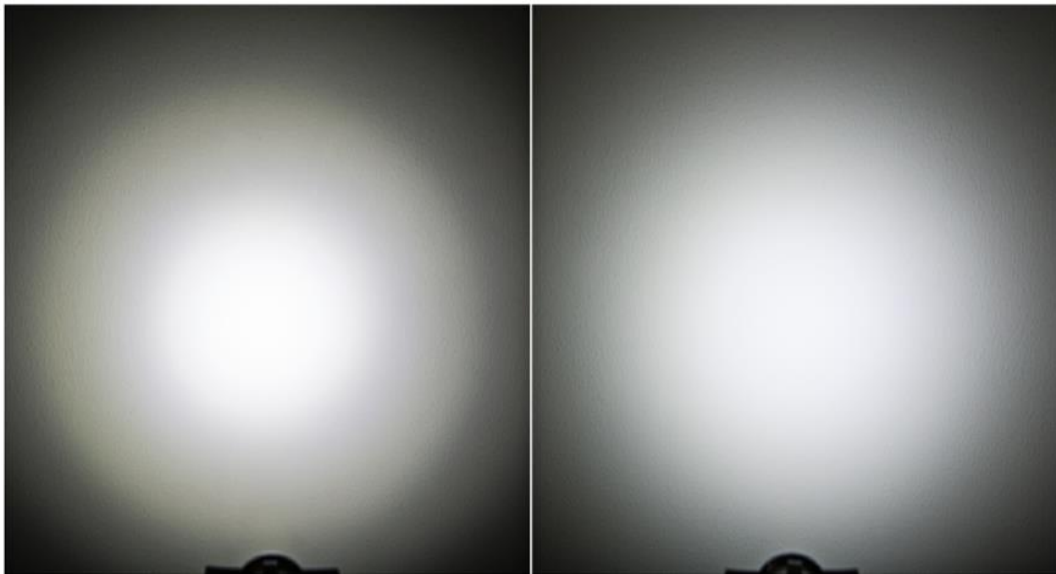


Figura 15: Alteração do fecho original da lâmpada LED

Fonte: Rautemberg (2014).

Ainda com relação às lentes, dependendo do seu arranjo com a lâmpada LED, podem ocorrer efeitos indesejáveis, tais como sombras múltiplas, conforme se observa nas Figuras 16 e 17.

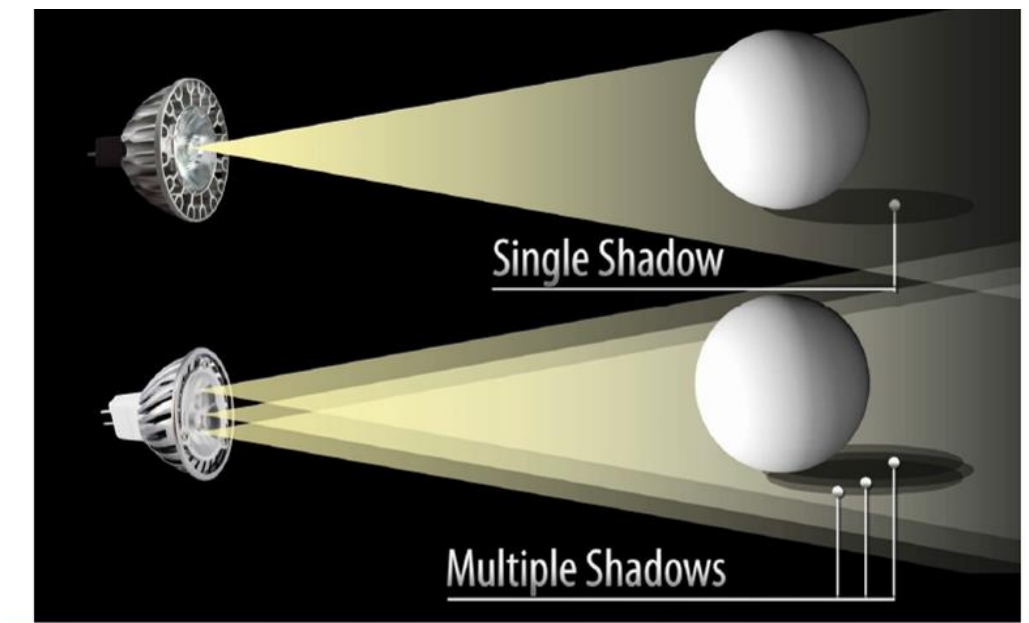


Figura 16: Sombras múltiplas devido à combinação das lentes com LEDs

Fonte: Rautemberg (2014).

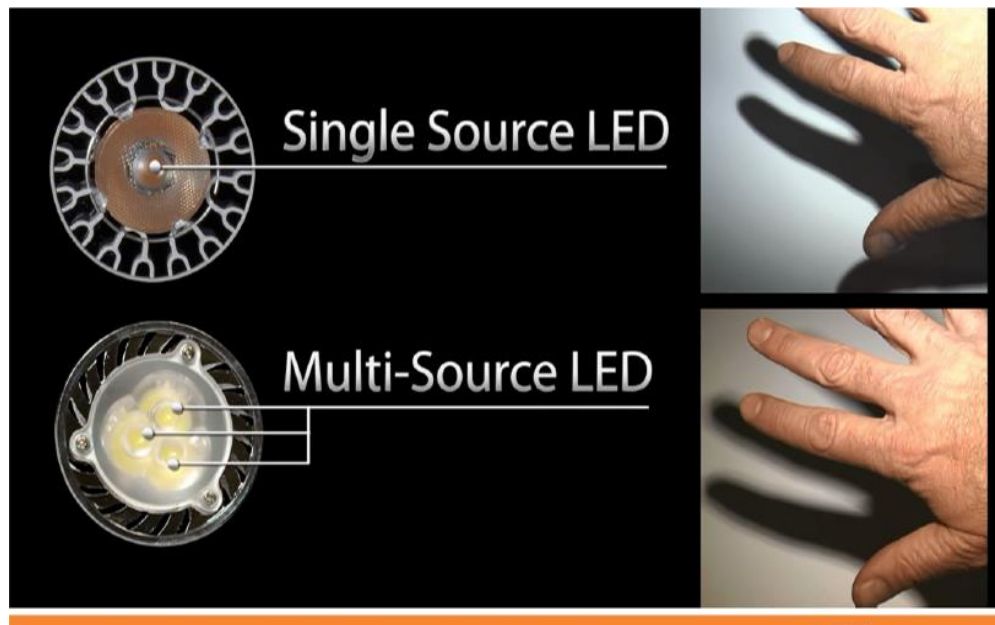


Figura 17: Sombras múltiplas devido à combinação das lentes com LEDs

Fonte: Rautemberg (2014).

A elaboração de normas de uso do LED pela ABNT está em andamento no Brasil. (KAEASAKI, 2012a). No entanto, não há no País norma ou recomendação de uso de equipamentos de qualidade. Essa realidade, somada à existência de uma variedade de produtos (importados e nacionais) no mercado brasileiro – que disponibiliza diferentes tipos de LEDs, com diferentes eficiências luminosas, características luminotécnicas e elétricas – são aspectos que podem tornar o uso da tecnologia LED e o *retrofit* de lâmpadas convencionais por LEDs um problema. (KAWASAKI, 2011; BARBOSA, 2013).

Um dos obstáculos à adoção em larga escala dessa tecnologia adviria da falta de informações técnicas confiáveis sobre o produto, suscitando resultados qualitativos diversos. (KAWASAKI, 2011; BARBOSA, 2013). Na aplicação de LEDs no Brasil ainda são fundamentais:

- A verificação (junto aos fabricantes) de detalhes técnicos de compatibilidade entre *driver*, dissipadores, ótica e LEDs, inclusive para suporte técnico;
- Cuidado com os equipamentos comercializados quanto a dados fotométricos e outras informações relevantes para especificação correta. Há ensaios fotométricos que informam dados sobre curva,

temperatura de cor, IRC, iluminância e eficiência, porém não raro utilizando os mesmos parâmetros há anos utilizados para a iluminação convencional. Embora a tecnologia LED seja recente, ainda envolve conceitos arraigados, provenientes da iluminação convencional;

- A testagem, não apenas em relação ao acendimento, mas também em relação à qualidade da projeção da luz. Quando a obra é grande, o teste é fundamental e uma garantia de que tudo vai dar certo;
- Cuidado com a compatibilização entre lâmpadas de LED e luminárias convencionais: os LEDs são focais por natureza e muitas luminárias convencionais foram pensadas para lâmpadas omnidirecionais (que emitem luz em todas as direções);
- A verificação de que lâmpadas e luminárias LED a serem empregadas num mesmo ambiente sejam do mesmo lote de fabricação, pois cada “fornada” é diferente, não se garantindo 100% de repetibilidade de um lote para outro. Além disso, o fornecimento contínuo é quase uma utopia: é comum uma linha de produtos ser substituída rapidamente por outra. Se forem de lotes diferentes, recomenda-se separá-las e instalá-las em ambientes diferentes, para não gerar comparação imediata de tons de branco;
- Atenção na compra de LEDs para complementação de projeto luminotécnico, pois as lâmpadas podem apresentar cores e tons diferentes das já instaladas. (RAUTEMBERG, 2014).

Haveria, assim, fatores que limitariam objetivamente a adoção ampla e irrestrita dos LEDs em projetos luminotécnicos.

Alguns estudos discutem vantagens e desvantagens da tecnologia LED. Cinco deles são aqui apresentados.

O estudo de Valentim et al (2010) avaliou a substituição de lâmpadas incandescentes e fluorescentes por lâmpadas LED tomando três parâmetros: consumo, fator de potência e iluminância/espalhamento de luz. O estudo foi desenvolvido em uma sala considerada padrão às salas de casas brasileiras e utilizou uma lâmpada feita com LEDs de alta potência com capacidade de iluminação equivalente às lâmpadas fluorescentes e incandescentes mais comuns no mercado nacional.

Seus achados apontaram que o consumo da lâmpada LED se mostrou 12 vezes menor que o de uma lâmpada incandescente da mesma luminosidade (60W) e cinco vezes menor que de uma fluorescente de 15W. O fator de potência deixou a desejar. Valentim et al (2010) esperavam que ele estivesse acima de 0,9, mas ficou em torno de 0,77 em todas as medidas, bem acima do medido em lâmpadas fluorescentes comuns, em torno de 0,45. Esse aspecto reitera a opinião de Kawasaki (2011, p. 123) segundo a qual dados elétricos das lâmpadas a LED devem ser analisados.

O fator de potência e a distorção harmônica⁴ podem se tornar críticos na instalação elétrica, pois muitos produtos apresentam baixo fator de potência e altas distorções. Em uma instalação de grande porte, por exemplo, se não forem tomados os devidos cuidados, o *retrofit* de lâmpadas fluorescentes tubulares por lâmpadas tubulares de Led pode até reduzir o consumo de energia, porém o baixo fator de potência poderá gerar altas multas da concessionária por gerar reativos na rede elétrica.

Já quanto à iluminância, Valentim et al (2010) verificaram que o espalhamento da luz foi menor na lâmpada LED. Houve perdas perceptíveis de iluminância nas laterais, o que não indica a sua utilização em ambientes muito amplos.

Valentim et al (2010) testaram o LED também em relação à temperatura. E concluíram que em situações normais a temperatura se manteve em condição de operação, apresentando-se às vezes até menor do que a temperatura de uma lâmpada incandescente equivalente. Em luminária fechada, no entanto, comprovaram a necessidade de ventilação.

Pinto (2008, p. 36) afirma a esse respeito:

O calor excessivo no LED provoca, além da redução da vida útil, alteração na tonalidade de cor emitida e diminuição da potência luminosa. O aumento da durabilidade dos LEDs submetidos a altas temperaturas é um desafio constante para os fabricantes. No entanto, enquanto a alta temperatura influenciar nas características deste dispositivo é aconselhável que sua operação seja feita em uma temperatura adequada.

⁴ Segundo a Philips (2014), distorção harmônica total (T.H.D.) consiste em correntes alternadas que causam poluição ou interferência na rede elétrica geradas por equipamentos eletrônicos de alta frequência, por exemplo, inversores, máquinas de soldar e reatores eletrônicos, entre outros. Os principais efeitos observados em instalações e componentes sujeitos a distorção harmônica são aquecimento excessivo em equipamentos elétricos, disparos de dispositivos de proteção (por exemplo, disjuntores), ressonância, redução no rendimento de motores elétricos, queda de tensão e redução do fator de potência da instalação, entre outros. Disponível em: <http://www.lighting.philips.com>. Acesso em junho de 2014.

Pessoa e Ghisi (2013) observaram produtos LED existentes no mercado brasileiro e constataram alta eficiência luminosa com qualidade aceitável para os padrões de conforto luminoso humano. Segundo esses autores, já é possível encontrar no País uma variedade de produtos LED que pode substituir lâmpadas incandescentes e fluorescentes: o estudo dos catálogos de lâmpadas tipo bulbo e tubulares (usadas para iluminação geral em edificações) demonstrou eficiências luminosas, em sua grande maioria na faixa de 50 a 110 lm/W.

O mesmo estudo, por outro lado, constatou que, em comparação com lâmpadas fluorescentes, especialmente as compactas, a desvantagem do LED foi o baixo fluxo luminoso emitido, de cerca da metade do fluxo luminoso emitido normalmente por lâmpadas fluorescentes. Isso dificultaria a substituição de um produto pelo outro. (PESSOA e GHISI, 2013).

Para Pessoa e Ghisi (2013, p. 12), as eficiências luminosas apresentadas pelos LEDs são próximas às encontradas para lâmpadas fluorescentes compactas. No entanto, a substituição de um produto por outro ainda não é tão simples, demandando análise caso a caso. Como foram encontradas eficiências de LED abaixo dos valores médios encontrados nas fluorescentes compactas, não se pode afirmar que essa tecnologia seja necessariamente sempre mais eficiente. Quanto ao fluxo luminoso emitido do LED, é normalmente baixo se comparado ao emitido pelas fluorescentes, principalmente quando se trata de lâmpadas tipo bulbo. “Isso implica que em uma substituição de um produto por outro seja necessária a instalação de mais pontos de luz para se obter o mesmo fluxo luminoso”.

Greggianin et al (2013) desenvolveram análise comparativa de alguns aspectos entre lâmpadas incandescentes, fluorescentes compactas e LED, objetivando avaliar a viabilidade de substituição de um tipo por outro obtendo o mesmo resultado de iluminação.

No estudo, lâmpadas de um mesmo fabricante (Quadro 2) foram comparadas com medições controladas.

Modelo	potência (Watts)	Tensão (Volts)	emissão de luz (lúmen)	eficiência luminosa (lm/W)	vida útil (horas)
Incandescente	40	127	464	11,6	750
Fluorescente compacta	11	127	570	52,0	8000
LED	7	127	135-155	--	35000

Quadro 2: Lâmpadas utilizadas no estudo de Greggianin et al

Fonte: Greggianin et al (2013).

Dentre outros achados, o estudo de Greggianin et al (2013) evidenciou:

1. Que a lâmpada LED consome menos energia do que as outras duas – a energia consumida pela LED (5,87W) correspondeu a 25% da energia consumida pela incandescente (40,7W) e a 53% da consumida pela fluorescente compacta (11,97W);
2. Que mesmo apresentando menor consumo, a LED não pode substituir as demais lâmpadas para todas as finalidades devido a seu fluxo luminoso – ainda que o objetivo da iluminação seja um ponto específico, a lâmpada LED de 7W (165 lm), por exemplo, possui apenas 36% do fluxo luminoso da incandescente (459 lm);
3. Que a eficiência energética da lâmpada fluorescente (com 54,30lm/W) foi 91% maior que a da LED (com 28,39lm/W) e 381% maior que a incandescente (com 11,27 lm/W); e
4. Que enquanto a incandescente apresenta fator de potência 1 e praticamente nenhuma distorção harmônica, as fluorescentes e o LED apresentam baixo fator de potência e alto valor de distorção harmônica, significando que embora essas duas lâmpadas ofereçam maior eficiência energética para o consumidor final, o mesmo não ocorre em relação ao sistema elétrico.

Os autores concluíram que:

A lâmpada LED não substitui as demais lâmpadas em termos de características físicas e eficiência energética, pois os estudos comparativos mostram que o seu fluxo luminoso é muito baixo, bem como a eficiência energética (embora maior que a eficiência da incandescente e inferior à da fluorescente compacta). (GREGGIANIN et al, 2013, p. 26).

Ao proceder a análise simplificada de custos entre as três tecnologias, Greggianin et al (2013) concluíram que o LED apresentou um valor menor durante toda a sua vida útil, mas que, como não apresenta as características luminotécnicas equivalentes, o ganho não pode ser considerado na comparação com as outras duas opções. A fluorescente compacta se mostrou com uma boa relação entre custo das características lumínicas, custo da lâmpada e custo de energia.

Kalache et al (2013) empreenderam análise de viabilidade econômica da aplicação de LED em substituição a lâmpada fluorescente compacta. Visando atingir um nível de iluminação próximo a 300 lux, dispuseram, em área retangular de 9,0X5,0 com pé direito de 3 metros, 18 luminárias com lâmpadas fluorescentes compactas de 26W e 50 luminárias com lâmpadas LED de 12W (em ambos os casos, distribuídas de forma matricial). Ou seja, a utilização de lâmpadas fluorescentes compactas de 26W demandou que 18 luminárias com uma lâmpada desse tipo cada fossem instaladas no ambiente enquanto que para proporcionar o mesmo nível de iluminação foram necessárias 50 luminárias com lâmpadas LED de 12W.

Na época do estudo, o preço unitário de uma lâmpada fluorescente compacta de 26W era de aproximadamente R\$10,00 e o preço unitário de uma lâmpada LED de 12W de aproximadamente R\$170,00 (o preço das luminárias não foi considerado por não interferir na análise comparativa de viabilidade econômica). Assim, o custo de implantação do sistema que utilizou lâmpadas fluorescentes compactas foi de R\$180 e o custo de implantação do sistema que utilizou lâmpadas LED foi de R\$8.500,00.

Considerando um cenário de utilização baseado em quatro horas de uso diário do sistema de iluminação e uma tarifa média de energia elétrica de R\$0,50/kW, Kalache et al (2013) verificaram que o custo operacional anual do sistema de lâmpadas fluorescentes compactas foi 22% menor do que o de lâmpadas LED; que na reposição de lâmpadas, os LEDs se destacaram positivamente (com vida útil mediana de 30.000 horas contra vida útil mediana de 10.000 horas das fluorescentes compactas); e que, em um cenário de 18 anos, o custo total

(implantação + custo operacional + custo de reposição) do sistema LED foi de R\$9.670,72, superior ao custo total da utilização de lâmpadas fluorescentes compactas.

Os autores concluíram: 1) que a utilização da tecnologia LED para iluminação de ambientes inteiros, embora tecnicamente viável, não foi economicamente atrativa; e 2) que as duas lâmpadas comparadas, LED de 12W e fluorescente compacta de 26W, apresentaram eficiência luminosa similar, ou seja, o que não contribui para aumentar a atratividade do LED.

Em análise sobre o *retrofit* de iluminação com o uso de LEDs, Kawasaki (2011) destacou a importância de observar as lâmpadas disponíveis no mercado brasileiro, que apresentam diferentes eficiências luminosas, características luminotécnicas e elétricas. Nesse sentido, a troca de lâmpadas convencionais por LEDs pode ser bem sucedida ou tornar-se um problema. No seu artigo, a autora mostra exemplos de um de outro caso.

A Figura 18 ilustra o exemplo de um supermercado que, ao trocar parcialmente lâmpadas fluorescentes tubulares por lâmpadas tubulares de LED, obteve significativa diferença visual de fluxo luminoso, de temperatura e de reprodução de cor.



Figura 18: Efeito da troca de lâmpadas fluorescentes tubulares por lâmpadas tubulares de LED

Fonte: Kawasaki (2011).

Já a Figura 19 apresenta uma aplicação em que se verifica o efeito de sombras múltiplas causado pela curva de distribuição luminosa de uma lâmpada tubular de LED.



Figura 19: Sombras múltiplas geradas por iluminação a LED

Fonte: Kawasaki (2011).

Tais exemplos evidenciam que os LEDs devem ser analisados tecnicamente antes de serem implantados em projetos de *retrofit* de instalações de iluminação artificial – vários aspectos precisam ser levados em conta para que as soluções sejam viáveis do ponto de vista técnico. (KAWASAKI, 2011).

Da discussão empreendida a respeito das vantagens e desvantagens do uso de LEDs, conclui-se que é preciso conhecer a tecnologia e seu modo de funcionamento, analisar se a troca de lâmpadas convencionais por LEDs é economicamente viável (mesmo sendo tecnicamente possível), observar os produtos disponíveis no mercado e ponderar tanto sobre o uso exclusivo e indiscriminado dos LEDs em qualquer ambiente quanto sobre a forma tecnicamente mais correta de utilizá-los.

5 SHOPPING CENTERS

5.1 SURGIMENTO E EVOLUÇÃO

Com a evolução da agricultura e da pecuária ocorre uma mudança na evolução do desenvolvimento econômico e social. No curso do tempo, o homem passou a comercializar o excedente gerado pela produção. (CARVALHO, 2005; SOUZA, 2010).

Locais específicos para esse comércio foram surgindo nas cidades, como largos e praças. O aparecimento de espaços varejistas deveu-se à necessidade da troca, que induz ao encontro, que, por sua vez, precisa de um lugar onde existe fluxo de pessoas. A praça, local de encontros, de conversas e diversões, foi se tornando gradativamente o local mais propício para o comércio, “o que fez aparecer “a praça do mercado”, que funcionava como centro social, político e de comércio”. (CARVALHO, 2005, p. 29). Na Idade Média, surgem os mercados públicos parcialmente cobertos. Segundo Souza (2010, p. 25):

Nesse processo, alguns dos elementos surgidos espontaneamente e hoje tão comuns fixaram-se como espaço, por exemplo, as praças de mercado, as lojas e os mercados parcialmente cobertos. A arquitetura também começou a traduzir os reflexos desse período junto ao meio urbano, o qual, naquele momento, assumiu o papel de lugar de encontro das coisas e das pessoas e a troca comercial passou a ser sua função.

O aumento do número de mercados forçou a sua transferência para além dos muros das cidades, inclusive para acelerar o processo de desenvolvimento urbano, contando com a construção de estradas, portos e canais. O partido arquitetônico desses espaços também foi sendo modificado com o avanço das tecnologias construtivas: passaram de ambientes descobertos e parcialmente cobertos a *halles* (mercados cobertos na língua francesa). (CARVALHO, 2005; SOUZA, 2010).

A partir de variados usos e do impulso da construção civil advindo da Revolução Industrial inglesa (iniciada no século XVIII), esses locais de comércio foram se sofisticando. Em meados do século XIX, entre 1822 e 1832, surgem as primeiras galerias comerciais nos centros das cidades, tipologia voltada a classes mais abastadas da população. Formando ruas e pátios internos e permitindo o acesso a lojas, essas galerias se proliferaram rapidamente pela Europa, pois

tornaram mais conveniente as compras para o consumidor, protegendo-o do sol e da chuva, conforme ilustra a Figura 20. (CARVALHO, 2005; SOUZA, 2010).



Figura 20: Galeria Saint-Hubert (Bélgica) e Galeria Vittorio Emanuele (Itália)

Fonte: Souza (2010).

No fim do século XIX, a evolução dos centros comerciais e o surgimento de grandes companhias (que foram tomando o lugar do pequeno comerciante) originaram as lojas de departamento, especializadas na venda dos mais variados tipos de produtos num mesmo local. Elas foram consideradas um grande avanço na tipologia arquitetônica comercial, pois trouxeram algumas importantes contribuições, tais como a organização dos grandes espaços internos (com especialização por setor), a utilização de mezaninos e a atmosfera de entretenimento em seu interior. (CARVALHO, 2005).

Dois exemplares nesse sentido podem ser observados na Figura a seguir, que reúne as lojas de departamento Le Bon Marché, edificação de 1852, e as Galleries Lafayette, de 1893, ambas localizadas em Paris. As imagens focam o seu interior.



Figura 21: Le Bon Marché e Galeries Lafayette

Fonte: Loiseau (2013).

O início do século XX seria marcado por dois processos fortemente relacionados entre si e que teriam desmembramentos diretos sobre o desenvolvimento varejista: o crescimento demográfico e a industrialização. Juntos, eles responderam por um forte processo de urbanização nas cidades e pelo tráfego para áreas mais distantes via automóveis. Com o crescimento das cidades e a popularização dos automóveis, as tradicionais ruas de comércio entram em declínio dando lugar a uma nova tipologia de empreendimento comercial: os centros de compras planejados, estrutura que propiciou o nascimento do *shopping center*. (CARVALHO, 2005).

Segundo Hirschfeldt (apud CARVALHO, 2005; SOUZA, 2010), a primeira construção com características semelhantes às de um *shopping center* atual é creditada a Edward H. Bouton, que em 1907 construiu nos Estados Unidos um prédio dotado de uniformidade arquitetônica, congregando lojistas de diversos ramos, operando através de uma administração centralizada para suas unidades componentes (nas mãos de um empreendedor) e sendo dotado, inclusive, de estacionamento para as diligências.

Esse prédio, localizado na cidade de Baltimore (estado de Maryland), ficou conhecido como Roland Park Shopping Center (nome até hoje adotado) e pode ser observado na Figura 22.



Fonte: Roland Park (2014).

Nas décadas seguintes, edificações semelhantes proliferaram nos Estados Unidos, cada uma delas apresentando contribuições de caráter arquitetônico ou operacional – por exemplo, o *strip center*, entre os anos 1930 e 1940, que apresentavam lojas agrupadas em linha, com estacionamento na frente e espaço para carga e descarga na parte posterior. (CARVALHO, 2005).

Foi no período pós-Segunda Guerra Mundial, contudo, que essa tipologia de edificação comercial, então considerada o mais moderno sistema de administração varejista, se espalhou rapidamente pelas grandes cidades. Especialmente nos Estados Unidos, uma série de fatores contribuiu para o aparecimento da indústria dos *shopping centers*, a saber:

- Explosão demográfica nas grandes capitais;
- Aumento da renda da população (US\$1.314 em 1950 contra US\$949 em 1940);
- Formação de um consumo de massa padronizado, materializado posteriormente na expressão ‘sociedade de consumo’;
- Surgimento do sistema *self-service* (de autoatendimento);
- Surgimento de grandes lojas de departamento e, simultaneamente, especialização das pequenas organizações;

- Declínio do comércio nas áreas centrais das cidades gerando o comércio em áreas periféricas;
- Propagação do transporte individual através do desenvolvimento da indústria automobilística, que ampliou o raio de ação e fez surgir o consumidor motorizado;
- Boa estrutura viária, facilitando o acesso à periferia;
- Explosão do estilo de vida suburbano (relativo a áreas além da esfera urbana). (CARVALHO, 2005; SOUZA, 2010; GARREFA, 2010).

Nos anos 50, a concepção dos antigos *shopping centers* (formato retangular, arquitetura simples e pouco arrojada) começa a ser alterada com o surgimento do conceito de *mall* no interior do *shopping*, alameda coberta ou descoberta de lojas de ambos os lados, constituindo circulações internas (corredores). As vitrines, antes voltadas para a rua, passaram a virar-se para dentro desta nova rua denominada *mall*. (CARVALHO, 2005; SOUZA, 2010).

Em 1956, surge nos Estados Unidos o primeiro *shopping center* com partido arquitetônico em forma de caixote e com controle climático, o Southdale Center, em Minnesota. (SOUZA, 2010). E, em 58, é inaugurado na Filadélfia o primeiro *open-mall* (*mall* aberto), o King of Prussia, com partido arquitetônico aberto, servido de um amplo estacionamento em área cercada, muito assemelhado aos *shoppings* abertos de hoje. (CARVALHO, 2005).

Essas inovações trouxeram novos paradigmas arquitetônicos à concepção original dos *shoppings*, promovendo o uso de estruturas metálicas, o aumento de vãos livres em escalas monumentais, presença de grandes magazines e lojas menores e instalações de opções de lazer mais sofisticadas, como cinemas, parques, teatros etc, além da preocupação com o *design*. (SOUZA, 2010).

Nos anos 70, em oposição ao grande *shopping center* fechado de subúrbio, surgem diversos modelos de *shopping centers*, entre os quais se destacam nos Estados Unidos aqueles em centros de cidade (*downtown centers*), como o caso de Mid Town Plaza, em Rochester, (1966), os *shopping centers* explorando aspectos pitorescos e históricos dos lugares, como Quincy Market, em Boston (1974) e aqueles com padrão de ancoragem focado no lazer, os *entertainment centers* cujo maior exemplo é o West Edmonton Mall construído no Canadá em 1986. (GARREFA, 2010).

No final da década de 1990, a inovação foram os *lifestyle centers*, que, adequados aos diversos modos de vida e consumo, segmentaram os *shopping centers*, dinâmica condizente com a expansão do crédito e com a entrada em cena dos agentes financeiros, que acabou por fechar um círculo composto pela customização do consumo, homogeneização do território e capitalização das empresas de *shopping centers*. (GARREFA, 2010).

Hoje, está em ascensão nos Estados Unidos o *open-air mall*, um modelo de empreendimento com o corredor de compras descoberto, simulando um centro tradicional mais “asseado” e organizado, porém resgatando seus elementos. (GARREFA, 2010).

Este modelo na verdade já existia desde o final da década de 50. No entanto, nascendo agora como estratégia de marketing, o *open-air mall* busca associar-se aos conceitos de sustentabilidade, ecologia e meio ambiente, fixando a imagem de um empreendimento orientado pelas necessidades sociais, em um diálogo mais produtivo com a cidade e seu futuro. Nos Estados Unidos, após 2006, mais de 80% dos novos *shoppings* se enquadraram na categoria *open-air mall*, modelo que inspirou e vem inspirando reformas em empreendimentos já existentes. (GARREFA, 2010).

A Figura 23 retrata o Kierland Common Mall, em Scottsdale (Arizona), *open-air mall* construído em 2006.



Figura 23: Kierland Common Mall

Fonte: Garrefa (2010).

No mundo ocidental, com exceção da Europa, onde se percebe que não há adesão total ao estilo norte-americano de consumo e entretenimento em *shopping centers* – segundo Carvalho (2005), devido à falta de grandes terrenos disponíveis, à dificuldade de aprovação, à preservação histórica e ao estilo de vida – esses empreendimentos disseminaram-se rapidamente.

5.1.1. *Shopping centers* no Brasil

No Brasil, a partir da década de 1950, o crescimento dos processos de urbanização e industrialização, principalmente frente à política de substituição de importações; à implementação da indústria automobilística e ao início da produção de bens em massa, incrementaram o setor varejista acarretando a introdução de novas modalidades de empreendimento comercial, dentre elas as galerias comerciais, as lojas de departamento e os *shopping centers*. (CARVALHO, 2005).

Segundo a maior parte dos autores, o primeiro *shopping center* do Brasil foi o Iguatemi, inaugurado em 1966 na capital de São Paulo. Localizado no bairro Jardim Paulista, de elevado padrão de consumo e excelente acessibilidade, impactou o modelo tradicional de comércio, principalmente na Rua Augusta, localizada nas imediações. (CARVALHO, 2005).⁵

Em meados da década de 1970, já era possível prever o incremento desse tipo de empreendimento no País em função do surgimento de vários deles desde a inauguração do primeiro. Contudo, foi somente na década de 80 que os *shopping centers* se consolidam entre nós, sobretudo devido ao acelerado processo de expansão urbana, ao desenvolvimento da economia, à maior variedade de produtos e diferenciação de consumidores e especialização de seus gostos. (SOUZA, 2010).

De fato, a década de 1980 representou um marco para o fenômeno. Com expansão efetiva no volume de implantações, foram inaugurados quatro *shopping centers* na capital paulistana; dois no estado de São Paulo; dois em Curitiba; dois em Santa Catarina; e um nas cidades de Goiânia (GO); Porto Alegre (RS); Fortaleza (CE); Recife (PE); Brasília (DF); e Rio de Janeiro (RJ). (CARVALHO, 2005).

⁵ Há autores, a exemplo de Vicente Del Rio, que consideram o Shopping Center do Méier, inaugurado na cidade do Rio de Janeiro em 1965, o primeiro *shopping center* do País, muito embora tenha sido um empreendimento de pequeno porte para esta tipologia. A grande maioria dos autores registra o Iguatemi como primeiro *shopping* do Brasil porque o *shopping* do Méier não é reconhecido com o selo da Abrasce (Associação Brasileira de Shopping Centers). (CARVALHO, 2005).

Nessa ocasião, começam a surgir os *shoppings* temáticos (entre outros, de móveis, de materiais de construção e de automóveis), os de conveniência e os *outlets* (constituídos por lojas de fábricas que oferecem preços mais baixos, *off-price*). Verifica-se também o aumento do número de *shoppings centers* no interior dos estados. (CARVALHO, 2005).

A partir de fins dos anos 1990, novas concepções arquitetônicas foram incorporadas a esses empreendimentos não apenas visando ao conforto ambiental (conquistado através de sistemas de refrigeração e iluminação), mas também à inclusão de espaços de lazer e recreação, praças de alimentação, espaços para a prestação de serviços (bancos, farmácias, supermercados etc) e segurança. Isso fez com que os *shoppings* brasileiros, além de apresentarem qualidade comparada àquela dos países desenvolvidos, se tornassem importantes referências para as cidades do País. (SOUZA, 2010).

O *International Council of Shopping Centers* (ICSC) define *shopping center* como um grupo de estabelecimentos comerciais e de varejo unificados arquitetonicamente, construído em local previamente planejado e desenvolvido, de propriedade e administração de uma única unidade operacional, com estacionamento compatível com o local. Seu tamanho e orientação são geralmente determinados pelas características da área de comércio por ele servida. (ICSC, 2014).

Lima (2002, p. 108) afirma que:

Shopping Centers, também conhecidos como centros comerciais, são prédios e locais especialmente destinados a tipos de negócios em que há um complexo de atividades que centralizam o comércio de vários ramos, proporcionando certo conforto e facilidades à clientela (estacionamento, diversões, restaurantes, bares, enfim, um misto de lazer e comércio).

A Associação Brasileira de Shopping Centers (Abrasce) considera *shopping center* os empreendimentos com Área Bruta Locável (ABL), normalmente, superior a 5 mil m², formados por diversas unidades comerciais, com administração única e centralizada, que pratica aluguel fixo e percentual. Na maioria das vezes, tais empreendimentos dispõem de lojas âncoras e vagas de estacionamento compatível com a legislação da região onde está instalado. (ABRASCE, 2014).

O Brasil tem hoje 518 *shopping centers* filiados à Abrasce. A Tabela 3 exhibe outros dados do setor atualmente.

Tabela 3: Dados do setor de *shopping centers* no Brasil

BRASIL: NOVEMBRO 2014	
Número Total de Shoppings	518
A inaugurar em 2014 (*)	2
Número Previsto para Dez. 2014	520
Área Bruta Locável (Em milhões de m ²)	13,738
Área Construída (Em milhões de m ²)	32,96
Vagas para Carros	774,527
Lojas Total	90,280
Lojas Âncoras	2.708
Megalojas	1.806
Lojas Satélites	77.640
Lazer	903
Lojas de Serviços	7.222
Salas de Cinema	2.497
Empregos Gerados	895.204

Fonte: Abrasce (2014).

Em 2013, a expansão dos *shoppings* no Brasil atingiu recorde. Ao longo do ano, 38 novos empreendimentos foram inaugurados, sendo que apenas 15 em capitais do País – pela primeira vez na história da indústria, o percentual de *shopping centers* inaugurados fora das capitais (a maioria em municípios de até 500 mil habitantes) igualou o das capitais. A região Sudeste foi a que recebeu a maior quantidade de novos empreendimentos, 20 ao todo, seguida pelas regiões Sul, Nordeste, Centro Oeste e Norte.

Até dezembro de 2013 foi expressiva a evolução do setor, conforme observado na Tabela 4.

Tabela 4: Evolução do setor de *shopping centers* no Brasil (2006-2013)

ANO	Nº DE SHOPPINGS	ABL (MILHÕES DE M2)	LOJAS	FATURAMENTO (EM BILHÕES DE REAIS/ANO)	EMPREGOS	TRÁFEGO DE PESSOAS (MILHÕES VISITAS / MÊS)
2006	351	7,492	56.487	50	524.090	203
2007	363	8,253	62.086	58	629.700	305
2008	376	8,645	65.500	64,6	700.650	325
2009	392	9,081	70.500	74	707.166	328
2010	408	9,512	73.775	91	720.641	329
2011	430	10,344	80.192	108	775.383	376
2012	457	11,403	83.631	119	877.000	398
2013	495	12,940	86.271	129	843.254	415

Fonte: Abrasce (2014).

5.2. ILUMINAÇÃO DE *SHOPPING CENTERS*

Na fase de planejamento e construção de um *shopping center*, uma das principais questões trabalhadas por arquitetos e engenheiros refere-se ao uso da iluminação natural ou ao uso de iluminação artificial. Não existe uma única escolha assim como não há fórmula pronta para dosar a combinação entre essas fontes de luz nesse tipo de empreendimento.

O aproveitamento da luz natural é válido, porém desde que associado à obtenção de conforto térmico, conceito a ser considerado na fase de planejamento e para o qual concorre a verificação da orientação solar de modo a permitir a utilização da luz natural sem sobrecarregar os ambientes com calor ou insolação excessiva, garantindo ao mesmo tempo um ambiente agradável que convide à permanência e ao convívio – de nada adianta projetar uma edificação moderna, com muitas paredes e telhados transparentes, se o excesso de raios de sol obrigar ao aumento da potência do ar condicionado, gastando mais energia elétrica. (LOPES, 2012).

Por outro lado, o aproveitamento da luz natural é também benéfico do ponto de vista ambiental: trata-se de um recurso cada vez mais empregado em *shopping*

centers que visam à sustentabilidade, uma vez que o consumo e os custos com energia elétrica diminuem significativamente. (LOPES, 2012).

Segundo Figueiredo (2013), em geral, o estilo arquitetônico desse tipo de empreendimento não favorece o bioclimatismo, fazendo onerar consideravelmente os gastos com energia elétrica. No entanto, de acordo com Godoy (2012), alguns *shoppings* vêm sendo projetados com vistas às certificações de impacto ambiental. Com isso, incorporam novos conceitos, alterando também os projetos de iluminação que adotam sistemas mais eficientes e maior integração com a luz natural, momento em que se estabelece a interface com o condicionamento do ar, já que a iluminação natural pode trazer junto o calor para o ambiente.

De todo modo, o uso da luz natural não pode ser compreendido como alternativa exclusiva de iluminação de *shopping centers*, seja porque algumas de suas áreas não são alcançadas pela luz exterior, seja em função da necessidade de iluminação no período noturno. De acordo com Lopes (2012, p. 31):

[...] nem só de iluminação natural vive um shopping center. Além da disposição natural do espaço, que inclui áreas fechadas, o centro comercial também não funciona apenas durante o dia, o que obriga à instalação da iluminação artificial.

Ademais, além de garantir um ambiente adequadamente iluminado, e, portanto, seguro, a iluminação artificial cumpre o papel de valorização do espaço construído, conferindo relevo aos materiais utilizados no revestimento de pavimentos, paredes e tetos e aos elementos de design, tais como mobiliário, e de comunicação visual. (LOPES, 2012).

Para alguns autores, a exemplo de Figueiredo (2013), a maioria dos *shoppings* ainda é formada por complexos fechados, que não contemplam a iluminação natural, o que obriga ao uso de iluminação artificial por todo o período de funcionamento.

Para outros, como Godoy (2010), no entanto, apesar de durante muito tempo ter predominado o conceito de *shopping* do tipo “caixa fechada” (que, ao isolar seus visitantes do meio externo, fazia com que as pessoas perdessem a noção das horas e se concentrassem efetivamente nas compras), hoje ele é tido como um espaço cada vez mais utilizado para outras atividades, como passear, alimentar-se com a família, ir ao cinema e também comprar. Por isso, o conceito arquitetônico desse empreendimento comercial teria mudado, priorizando a

qualidade de vida das pessoas que ali trabalham e que visitam, através de mais transparência, propiciando maior relação com o ambiente externo.

Num ou noutro caso, parece relevante refletir sobre a iluminação em *shopping centers*. Principalmente do ponto de vista da integração entre luz exterior e luz interior, cada qual contemplando áreas específicas do empreendimento, como fachada, *mall*, praças de alimentação e corredores. (GODOY, 2010).

Em qualquer tipo de empreendimento comercial a criação de espaços adequados é muito importante. Através da iluminação, é possível destacar objetos, cores e pontos de maior interesse, valorizando produtos e facilitando as vendas. (PHILIPS, 2009).

Segundo Costa et al (2013), a iluminação comercial deve atender ao propósito do estabelecimento, considerando-se que o sistema utilizado engloba iluminação geral e iluminação de destaque, conforme as Figuras abaixo.

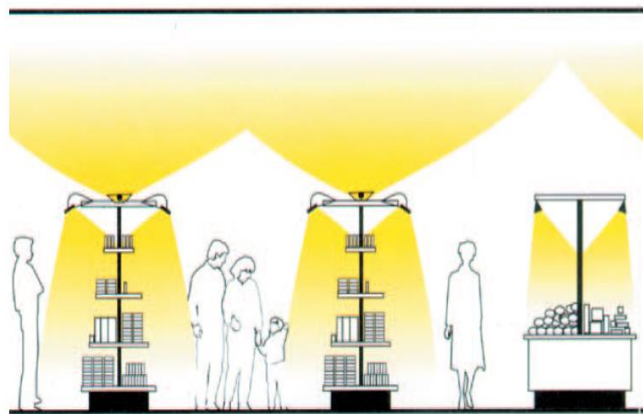


Figura 24: Iluminação geral

Fonte: Philips (2009).

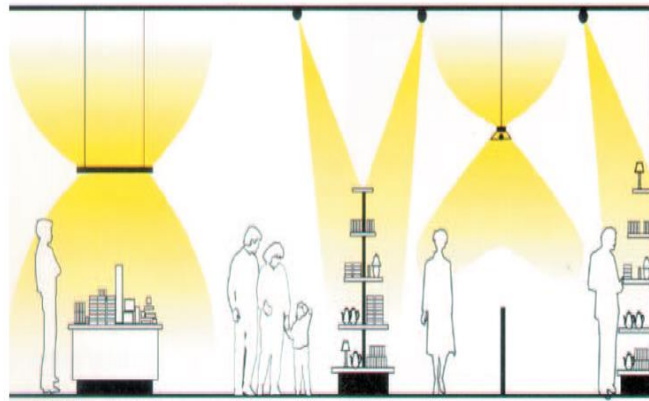


Figura 25: Iluminação de destaque

Fonte: Philips (2009).

Os objetivos de uma boa iluminação comercial são:

- Propor níveis de iluminamento adequados ao conforto visual, sem prejudicar a visão das pessoas;
- No caso de *shoppings centers*, propor iluminação adequada a cada área do empreendimento;
- Integrar-se à arquitetura do empreendimento, especialmente em *shopping centers*;
- Destacar a arquitetura do empreendimento (no caso dos *shoppings*, destacando a fachada, da vitrine das lojas, os produtos (dando às mercadorias uma aparência atraente e de fácil exame), a decoração de espaços internos etc;
- Evitar ofuscamentos;
- Chamar a atenção do cliente/consumidor;
- Gerar interesse;
- Criar uma atmosfera agradável;
- Criar personalidade e identidade e;
- Ser flexível. (FIGUEIREDO, 2013; LATREILLE, 2011).

Nos *shopping centers*, é ampla a variedade de elementos que fazem da luz um dos estímulos ambientais com maiores possibilidades cognitivas, emocionais, funcionais e simbólicas. É que a luz nesses empreendimentos possui poder dramático que se estende muito além da visibilidade do ambiente: ela exalta,

particulariza e cria efeitos visuais, incidindo sobre percepções físicas e psicológicas do consumidor. (LATREILLE, 2011).

De fato, segundo Godoy (2010), predomina nesse tipo de empreendimento uma forte cultura estética e de efeitos de luz que exige do projeto de iluminação a criação de espaços interessantes, atrativos e estimulantes. Superfícies luminosas, pontos brilhantes e cenários de iluminação que mudam em um curto espaço de tempo atraem ainda mais a atenção porque as pessoas são muito sensíveis à mudança de luz. (PHILIPS, 2009).

Levando-se em consideração que 80% da percepção de mundo pelo ser humano ocorre pela visão, o projeto de iluminação se torna um aliado extremamente importante nas vendas. (LATREILLE, 2011). Daí porque a iluminação é fundamental para um *shopping center*, devendo ser considerada como investimento, e não como custo.

Não obstante, os *shoppings* são considerados um dos ramos do setor comercial e de serviços mais intensivos em consumo de energia, com indicadores de consumo mensal por área locável (área efetivamente dedicada às lojas) entre 30kWh/m² e 70kWh/m². Considerando em média o consumo de 50kWh/m² de área bruta locável, o consumo mensal de energia elétrica dos *shopping centers* no Brasil atinge 431.854.600kWh por mês. (FIGUEIREDO, 2013).

Além disso, é no setor comercial que se identificam os maiores índices de desperdício de energia por excesso de iluminação, sendo ela muitas vezes ineficiente, inadequada e dispendiosa do ponto de vista da manutenção – no afã de conferir destaque ao estabelecimento comercial, não é raro fazer uso de iluminação potencializada e desnecessária. (LATREILLE, 2011).

Por esta razão, a questão da eficiência energética assume cada vez mais espaço nas premissas de desenvolvimento dos *shoppings*. Novos conceitos que incluem o uso de tecnologias mais avançadas na iluminação comercial podem representar economia significativa na conta de energia elétrica e propiciar uma redução do consumo de energia superior a 20%. (LATREILLE, 2011; GODOY, 2010).

Nesse sentido, a substituição de sistemas tradicionais de iluminação pelo sistema com lâmpadas LED tem sido uma forte tendência. No entanto, frente à ausência de normas ou parâmetros de utilização dos LEDs, medições e cálculos são

realizados com base nas normas de uso das lâmpadas convencionais. Deste modo, propõe-se uma metodologia para uso de LEDs, conforme segue.

6 METODOLOGIA PARA ANÁLISE DE CENÁRIOS DE ILUMINAÇÃO UTILIZANDO A TECNOLOGIA A LED

6.1 INTRODUÇÃO

Frente ao levantamento bibliográfico realizado, que oferece suporte ao desenvolvimento de projeto luminotécnico adequado na atualidade, essa parte da pesquisa tem como objetivo apresentar uma metodologia de avaliação e verificação da substituição de fontes convencionais de iluminação artificial pela tecnologia LED. O *retrofit* do sistema de iluminação artificial deve proporcionar a iluminância desejada no espaço avaliado, justificar o investimento aplicado e ainda proporcionar uma economia de energia atendendo a critérios de sustentabilidade.

A metodologia visa ao oferecimento de respostas a indagações quanto à avaliação de um sistema de iluminação que inclua parâmetros técnicos e econômicos. E sugere um cálculo conclusivo para a análise de dados propondo um sistema de avaliação qualitativa e quantitativa utilizando uma matriz de avaliação que engloba os seguintes parâmetros:

- Iluminação existente;
- Gastos com energia;
- Quantidade e qualidade de iluminação;
- Vida útil das fontes de luz;
- Investimento na tecnologia;
- Retorno do investimento;
- Redução da reposição e manutenção dos equipamentos.

Diferentemente de iniciar um projeto lumintécnico utilizando a tecnologia LED, a substituição de um sistema de iluminação já implantado por outro apresenta dificuldades e parâmetros rígidos para a adaptação dos equipamentos. As luminárias existentes atendem à ideia formulada no projeto arquitetônico e a características que retratam a concepção e o estilo desenvolvido nos detalhes construtivos utilizados nos espaços. A substituição deve, pois, representar o menor impacto possível na arquitetura do ambiente projetado atendendo à formatação do conjunto inicial além de não gerar grandes obras de adaptação e colocação dos novos equipamentos de LED.

Originalmente, *retrofit* é termo utilizado para definir qualquer tipo de reforma. Considerando os profissionais e pesquisadores envolvidos com eficiência energética em uma edificação, o termo é utilizado para substituir os sistemas de iluminação existentes visando economia de energia e sua melhor conservação e manutenção. (GHISI e LAMBERTS, 2008).

Nesta pesquisa, o significado do termo retrata a alteração de um sistema de iluminação através da utilização de tecnologias energeticamente eficientes, com a substituição das fontes de luz e equipamentos auxiliares de qualidade, visando à economia e conservação de energia com a satisfação e o conforto do usuário.

O trabalho apresenta um roteiro e uma metodologia de análise dos dados levantados de um sistema de iluminação para auxiliar na decisão quanto ao *retrofit* e substituição do sistema existente pela tecnologia a LED. O estudo é muito mais abrangente do que apenas uma comparação entre o consumo de energia utilizado em relação à economia gerada na adoção na nova iluminação. Considera parâmetros de iluminação tais como: determinação do nível de iluminância, coeficiente de manutenção e cálculos do fluxo luminoso total, além de considerar o gasto de energia.

6.2 METODOLOGIA

O objetivo principal desse capítulo é demonstrar e detalhar as etapas e os recursos materiais necessários para elaborar um estudo de viabilidade e planilhas de cálculos comparativos para implantação de *retrofit* em *shopping center*. A metodologia é apresentada de forma genérica podendo ser aplicada em qualquer empreendimento comercial com tipologia semelhante à utilizada em *shopping* a fim de que se obter resultados satisfatórios nos cálculos sugeridos na avaliação da iluminação desejada.

6.2.1 *Shoppings* selecionados

A possibilidade e viabilidade econômica da substituição de sistemas de iluminação tradicionais pela tecnologia LED foi testada em três *shoppings centers*, nomeadamente o Boulevard Shopping São Gonçalo (localizado no município de São Gonçalo, estado do Rio de Janeiro), o Parque Shopping Belém (localizado na capital

do Pará) e o Shopping Leblon (localizado na cidade do Rio de Janeiro). Eles representam uma amostragem de diferentes tipologias: localizam-se em diferentes regiões do território brasileiro e apresentam distintas características e perfis diversificados de clientes e usuários.

6.2.1.1 Boulevard Shopping São Gonçalo

Inaugurado em 30 de novembro de 2010, o Boulevard Shopping São Gonçalo é considerado o maior centro de compras, serviços e lazer do município de São Gonçalo (RJ), cuja população é de 999.728 habitantes. (PREFEITURA DE SÃO GONÇALO, 2014). O empreendimento, que se localiza no centro da cidade, possui cinco lojas-âncora, 200 lojas, 30 espaços para alimentação (entre restaurantes e lanchonetes) e um complexo com seis salas de cinema. A Figura 26 destaca a parte interna do *shopping* com a iluminação do *mall*.



Figura 26: Iluminação do *mall* – Boulevard Shopping São Gonçalo

Fonte: Boulevard São Gonçalo (2014).

6.2.1.2. Parque Shopping Belém

O Parque Shopping Belém foi inaugurado na capital paraense em abril de 2012 e apresenta um mix de lojas, sendo oito âncoras e cinco megalojas. A diversidade de opções oferecida ao público conta ainda com uma infraestrutura de

qualidade e serviços agregados que garantem conforto, acessibilidade e segurança a seus clientes. Na Figura 27, observa-se a iluminação da marquise de entrada, com a utilização de diferentes tipos de equipamentos de iluminação.



Figura 27: Iluminação da marquise de entrada – Parque Shopping Belém

Fonte: Parque Shopping Belém (2014).

6.2.1.3. Shopping Leblon

Inaugurado em 2006 na cidade do Rio de Janeiro (no bairro da zona sul de mesmo nome), o Shopping Leblon possui mais de 200 lojas. O empreendimento oferece área bruta locável (ABL) de 23.000 m², 1.200 vagas de estacionamento, quatro salas de cinema e um teatro com 916 lugares. O fluxo de visitação mensal é de aproximadamente 600.000 pessoas.

A Figura 28 ilustra a fachada do prédio reforçando a verticalidade, aspecto que o diferencia das outras duas unidades de análise.



Figura 28: Fachada do Shopping Leblon

Fonte: Shopping Leblon (2014).

Definida a amostragem dos espaços pesquisados, que possibilitaram a comparação de diferentes tipologias de arquitetura e iluminação, a próxima etapa foi pesquisar e levantar sistemas de cálculos existentes que demonstrassem a economia de energia e o investimento necessário para a substituição dos equipamentos existentes.

6.2.2 Cálculos do sistema de iluminação das edificações

O início da investigação teve como destaque procurar em sistemas de cálculo existentes no mercado qual oferecia a melhor avaliação de um sistema de iluminação e qual o parâmetro do sistema deveria ser destacado ou considerado para avaliar um projeto de iluminação. O objetivo era obter respostas sobre se o sistema proposto seria viável economicamente, se a substituição de um sistema por outro proporcionaria vantagens, quais características técnicas deveriam ser avaliadas e em quanto tempo o sistema proporcionaria *payback* (retorno do investimento).

Os *softwares* luminotécnicos com gratuidade oferecem fácil acesso aos profissionais da área e permitem efetuar simulações com situações diferentes, como troca dos equipamentos de iluminação, mudança de valores de reflexão das superfícies, entre outras.

A pesquisa por sistemas existentes de cálculo na área de iluminação para substituição das fontes tradicionais de iluminação por LED foi iniciada verificando *softwares* oferecidos pelos fabricantes e fornecedores de lâmpadas. A procura nas páginas das empresas na internet teve como base os sistemas de cálculos disponíveis que auxiliassem na comprovação simples que a substituição do sistema, com mudança de tecnologia de iluminação, poderia gerar economia de energia.

Dentre vários sistemas pesquisados, foi destacado para exemplo o sistema avaliado *Light-Consultor*, da OSRAM, que ajuda no cálculo da economia de energia e iluminação mais eficiente no projeto luminotécnico. Para tanto, no sistema basta escolher o cenário que se quer iluminar individualmente. O *software* de simulação aponta a economia de energia que é possível conseguir por meio de especificação de luminárias, utilizando produtos da empresa com tecnologia LED em comparação com produtos convencionais da mesma empresa.

Ao inserir alguns parâmetros, é possível ajustar o cálculo para determinado projeto de iluminação individual conforme demonstrado na Figura 29. O sistema aponta as possíveis economias em consumo de energia, o consumo de energia atual, emissões de CO² e os custos. Além disso, informa em quantos anos o sistema de iluminação substituído vai proporcionar o retorno do investimento nos equipamentos de iluminação.

The screenshot displays the OSRAM Light-Consultor software interface. At the top, there is a navigation bar with the OSRAM logo and links for 'Restart', 'Save overall configuration', 'Case studies', and 'undefined'. Below this, there are two tabs: 'CHANGE SCENARIO' and 'MEMO PAD (0 PRODUCTS)'. The main area shows two side-by-side images of a shop interior, illustrating the lighting setup. Below the images, there are input fields for 'Room height' (3 m) and 'Overall area' (70 sqm), with a 'Calculate sqm.' button. To the right, there are input fields for 'Hours of operation per year' (4,000) and a 'Calculate hours of operation' button. The interface is divided into two columns: 'Conventional system' and 'OSRAM Lighting system'. The 'Conventional system' column shows 'Built-in down light / 1 lamp(s)', 'Number of luminaires' (102), 'Standard transformer', and 'Lamp' (HALOSTAR STARLITE®, 64432 E03, 35W). The 'OSRAM Lighting system' column shows 'Built-in down light / 1 lamp(s)', '32 luminaire(s)', 'POWERTRONIC®, PTI 35/220-240 I', and 'POWERBALL® HCB®-T, HCB-T 35W/942 HDL PB'. Below these columns, there is a 'Calculation over 1.0 Years' section with a '1 Year' radio button selected. It compares 'Electricity consumption' (24,480 kWh vs 5,504 kWh), 'CO2 emission' (12,240 kg vs 2,752 kg), and 'Operating costs' (5,907.84 EUR vs 1,957.55 EUR). A 'Your savings over 1.0 Years' section shows '18,976 kWh', '9,488 kg', and '3,950.29 EUR' in green, with a '474.4' icon. A 'Save lighting system on memo pad' button is at the bottom right. The footer contains '© 2014, OSRAM GmbH. All rights reserved.' and links for 'Imprint', 'Terms of use', and 'Privacy policy'.

Parameter	Conventional system	OSRAM Lighting system
Built-in down light / 1 lamp(s)	102	32
Number of luminaires	102	32
Standard transformer	Standard transformer	POWERTRONIC®, PTI 35/220-240 I
Lamp	HALOSTAR STARLITE®, 64432 E03, 35W	POWERBALL® HCB®-T, HCB-T 35W/942 HDL PB
Electricity consumption (kWh)	24,480	5,504
CO2 emission (kg)	12,240	2,752
Operating costs (EUR)	5,907.84	1,957.55
Your savings over 1.0 Years (kWh)	-	18,976
Your savings over 1.0 Years (kg)	-	9,488
Your savings over 1.0 Years (EUR)	-	3,950.29

Figura 29: Tela principal do sistema OSRAM

Fonte: OSRAM (2014).

Outro fornecedor de equipamentos de iluminação pesquisado foi a GE. Na página da internet da empresa é possível utilizar várias ferramentas de simulações, tais como: estimulador de impacto energético e ambiental; ferramenta de assistência e iluminação; simulação de substituição de luminárias; simulador de *layout* de simulação; calculadora de Watts/m², dentre outros, como apresentado na próxima Figura.

Figura 30: Tela principal do sistema GE

Fonte: GE (2014).

Como é possível observar pelas Figuras 29 e 30, esses sistemas são pontuais e não conseguem avaliar todos os conceitos da tecnologia instalada na substituição por tecnologia LED de outros fabricantes e fornecedores. As ferramentas apenas comparam tecnologias da mesma empresa com diferentes fontes de luz e a eficiência por Watts/m², não abrangendo todas as respostas necessárias para um bom desempenho de iluminação.

Desse modo, para substituir um sistema de iluminação existente, os softwares disponíveis no mercado podem até auxiliar no cálculo da iluminação, mas não são suficientes para um diagnóstico correto. O projeto de iluminação existente deve ser analisado confirmando os cálculos efetuados anteriormente e se esses obedecem às orientações e normas vigentes.

Antes da avaliação qualitativa do sistema a ser implantado, o primeiro item da metodologia seria analisar os cálculos feitos no projeto luminotécnico existente. Os relatórios do sistema de iluminação proporcionam dados referentes à

temperatura de cor, índice de reprodução de cores e método utilizado, por exemplo, se foi calculado utilizando o método dos lúmens.

O método dos lúmens, conforme descrito no manual de luminotécnica básica no Portal Lighting Now, foi desenvolvido para calcular a iluminação de ambientes internos em função das dificuldades de aplicação ponto a ponto. Ele considera as características próprias de cada luminária e lâmpada elétrica e também as cores das paredes e do teto, aplicando os índices de reflexão da luz de acordo com material e cor das superfícies. O cálculo emprega tabelas e gráficos obtidos a partir da aplicação do método do ponto a ponto para diferentes situações. (LIGHTING NOW, 2013).

O método determina basicamente o número de luminárias necessárias para a produção de uma dada iluminância em uma área baseando-se no fluxo médio. A sequência de cálculo consiste em:

- Determinação do nível de iluminância;
- Escolha da luminária e lâmpadas;
- Determinação do índice do local;
- Determinação do coeficiente de utilização da luminária;
- Determinação do coeficiente de manutenção;
- Cálculo do fluxo luminoso total (lúmens);
- Cálculo do número de luminárias; e
- Ajuste final do número e espaçamento das luminárias.

Nesse processo, é relevante o levantamento de dados do projeto luminotécnico existente. Nessa direção, foi necessário o desenvolvimento de um fluxo de trabalho cujo roteiro é abordado a seguir.

6.2.3 Roteiro para levantamento de dados

A continuação da segunda parte da pesquisa utilizando a metodologia demonstrou a necessidade de organizar os dados para avaliação gerando um fluxo inicial em relação aos dados de levantamento e uma ordem de hierarquia das ações, desenvolvendo então o fluxo apresentado na Figura 31.

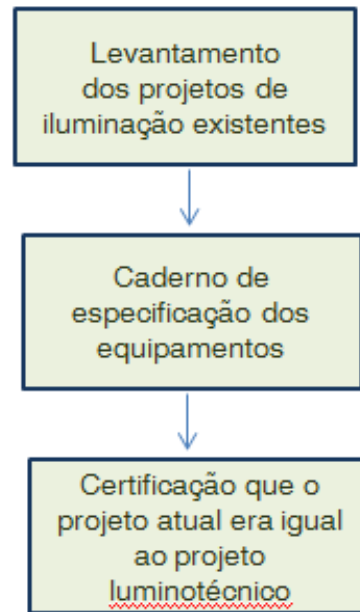


Figura 31: Fluxo inicial de levantamento de dados

O ponto de partida foi solicitar ao *shopping* escolhido todas as plantas do projeto luminotécnico, bem como os cadernos de especificações com todos os dados técnicos das luminárias, fontes de luz utilizadas e o memorial do cálculo luminotécnico aplicado.

Ainda na etapa de levantamento existia a necessidade de verificar se o projeto informado (através de desenhos técnicos) foi o mesmo executado ou se já tinha sofrido alguma alteração por não execução do projeto especificado, ou, ainda, se na manutenção dos equipamentos pela administradora do *shopping* algum item de iluminação tinha sido substituído de forma equivocada (por falta de conhecimento técnico ou por ser um material mais barato na hora da compra e reposição).

6.2.4 Características e avaliação do projeto luminotécnico

O levantamento dos dados é uma fase essencial para desenvolver um estudo comparativo entre o sistema de iluminação existente e o proposto. A avaliação do sistema envolve o levantamento dos equipamentos instalados, a idade da implantação, a medição e a avaliação dos níveis de iluminação. No processo de avaliação, é necessário o entendimento do conceito utilizado no projeto de iluminação, que complementa o projeto de arquitetura, valorizando as áreas de

destaque dentro do espaço do empreendimento e obedecendo a normas vigentes para obter a iluminação adequada com qualidade.

A etapa foi efetuada através de estudos e análises de todos os projetos luminotécnicos existentes, conforme modelo demonstrado na Figura 32 – planta geral ou de detalhamento – fornecida pela empresa com os respectivos cadernos de especificação dos equipamentos utilizados em cada área do *shopping*.

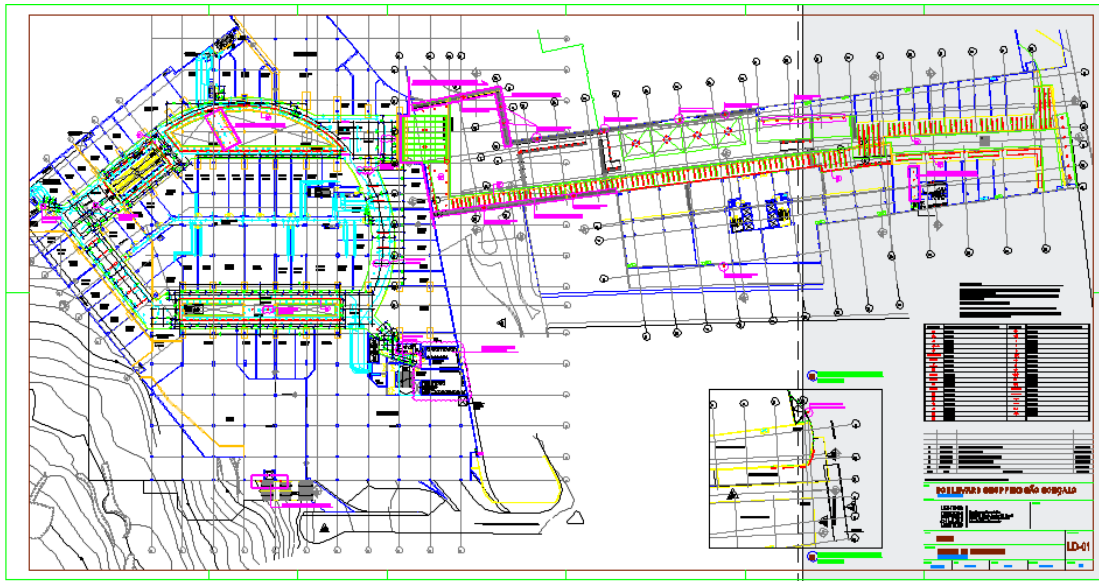


Figura 32: Projeto luminotécnico – Shopping Boulevard São Gonçalo

Fonte: Administração do shopping Boulevard São Gonçalo (2013).

No caderno de especificação recebido junto com as plantas é possível conhecer o equipamento de iluminação utilizado e nele vêm descritos: as características da luminária, fonte de luz utilizada e equipamentos auxiliares necessários para o funcionamento do conjunto como, por exemplo, reator ou transformador.

O caderno especifica também qual o setor da instalação da luminária, quantidade utilizada do item, além de características da fonte de luz utilizada, com ângulos, candelas, lúmens, temperatura de cor e índice de reprodução da cor (IRC). A Figura 33 ilustra parte de uma planilha do material especificado no projeto. No projeto de iluminação encontrado foi necessário o estudo detalhado de cada componente do sistema para uma análise visando especificar um equipamento para substituição da luminária existente.

PLANILHA DE ESPECIFICAÇÕES Nº 743 - RJ				
Projeto Boulevard Shopping São Gonçalo		Local	São Gonçalo	
Etapa FASE 1		Criado em	28/02/2008	Atualizado em 28/04/2010
Item	Quantidade Símbolo	Fabricação Tipo	Lâmpada	Especificação
4	O→	PROJETO DP-1912-12-10	1x PHILIPS Multivapores Metálicos Bipino Mastercolor CDM-T 150 W 3000 K / IRC 85 % 14000 lm	Luminária de embutir para lâmpada de vapor metálico. Facho concentrado de 10° assimétrico. Refletor em alumínio adonizado alto brilho, difusor em vidro cristal plano temperado com espessura de 4mm, aro em alumínio (giro de 360°) e pintura eletrostática. Geometria da luminária: (cilíndrica) altura: 210 mm, diâmetro: 230 mm Reator e Ignitor em 220V Fix: Embutido em forro de gesso. Acab: Pintura branca.
5	●	PROJETO DP-1912-01	1x PHILIPS Multivapores Metálicos Tubular Bilateral Mastercolor CDM-TD 150 W 3000 K / IRC 85 % 13800 lm	Luminária cilíndrica de embutir. Anel de arremate em aço tratado com pintura eletrostática. Com controle anti-ofuscamento através do refletor em alumínio anodizado. Visor em vidro temperado jateado recuado. Geometria da luminária: (cilíndrica) diâmetro do furo: 210 mm, diâmetro do anel: 230 mm, altura: 192 mm, Reator e Ignitor em 220V Fix: Embutido em forro de gesso. Acab: Pintura branca.
6	▬	CIA DA ILUMINAÇÃO BOULEVÁRD SG1	3x PHILIPS Multivapores Metálicos Refletora CDM-R Par 30 35 W / 220 V / 10 ° 37000 cd + 2x Osram Fluorescente Tubular TH5 54w 3000K 5000lm	Luminária especial: combinação intercalada entre 3 CONECTA G 135(B) e 2 CONECTAS G LINE 228 em uma mesma peça. Geometria da luminária: comprimento: 2870 mm, largura: 157 mm, altura: 150 mm, Reatores e Ignitor em 220V. Fix: Embutido em forro de gesso. Acab: Pintura branca.

Figura 33: Caderno de especificação – Shopping Boulevard São Gonçalo

Fonte: Administração do Shopping Boulevard São Gonçalo (2013).

As luminárias (Figura 34) foram avaliadas na composição dos equipamentos e o corpo físico, onde encaixa a fonte de iluminação, tamanho do furo ou corte no teto de gesso para possibilitar a substituição da lâmpada existente por lâmpada LED.

O formato da luminária é um aspecto importante para conhecer as dimensões dos equipamentos do sistema instalado, permitindo o *retrofit* da iluminação sem perder as características do projeto original de arquitetura. Conhecer a especificação técnica da luminária permite estudar apenas a substituição da fonte de luz ou ainda, na impossibilidade da simples substituição da lâmpada, avaliar a substituição completa da nova luminária de LED.



Figura 34: Caderno de especificação – características técnicas da luminária

Fonte: Administração do Boulevard São Gonçalo (2013).

As características técnicas descritas no caderno de especificação foram classificadas e os dados consolidados em planilhas auxiliares visando facilitar a recuperação das quantidades e posteriormente a totalização do sistema, agilizando assim os cálculos na substituição das lâmpadas e luminárias existentes pelo sistema empregando a tecnologia LED.

6.2.5. Levantamento total dos equipamentos instalados

Os equipamentos utilizados devem ser quantificados para utilização posterior nos cálculos do novo projeto de iluminação. Um dos objetivos da pesquisa

é responder ao questionamento inicial verificando a viabilidade da substituição do sistema tradicional por sistema que utiliza a tecnologia de LED, permanecendo a eficiência da iluminação nos quesitos qualidade e quantidade de luz e ainda obedecendo às normas vigentes.

Visando facilitar a verificação do sistema instalado no local, foram desenvolvidas duas planilhas auxiliares para visualização direta do número de luminárias existentes no projeto. Todo sistema de iluminação foi contado e consolidado em uma planilha para saber o total de luminárias existentes. Esses valores foram separados e totalizados por tipo de luminária. A quantidade do item será utilizada no futuro cálculo do consumo da potência do sistema existente e relação no sistema proposto. A planilha é ilustrada na Figura a seguir.

RELAÇÃO DE LÂMPADAS DO SHOPPING			
GARAGEM			
Lâmpadas tubulares fluorescentes de 32W			
	REATOR		LÂMPADAS
G1	190		380
G2	241		482
G3	250		500
SS1	74		148
SS2	66		132
TOTAL	821		1642
MALL			
Lâmpadas HQI 150W			
	REATOR		LÂMPADAS
L1	104		104
L2	99		99
L3	147		147
L4	49		49
TOTAL	399		399

Figura 35: Planilha - levantamento das luminárias

O levantamento das luminárias existentes, dependendo do *shopping* estudado, foi viabilizado através de dois tipos diferentes de planilhas. Uma contabilizava as luminárias e os equipamentos auxiliares e a outra o somatório das luminárias, por pranchas de projetos, simbologias ou código de identificação. Os dois modelos auxiliares utilizados servem para facilitar a totalização por tipo e somar a potência em Watt para utilizar no cálculo de viabilidade e substituição do sistema atual.

O somatório da potência total propicia uma resposta rápida na simulação do novo equipamento de LED escolhido, permitindo a totalização final em Watt e a multiplicação pelo fator de energia cobrado em kWh, visando o valor do investimento final na troca do sistema existente. O exemplo da planilha totalizada está demonstrado na Figura 36.





SHOPPING LEBLON					
PLANTA	LÂMPADA	SIMBOLOGIA	ÁREA	QNTD	TOTAL
TM-80-R(01)-IE-12-A1	2 X 32W		Salatinhas	4	34
			Hall	5	
			Oi/Tim/Claro	2	
			Elevadores	5	
			Caminhões	1	
			Cabine Light	5	
			Depósitos	6	
			Área técnica	4	
			Acesso	2	
	2 X 20W		Escadas	16	31
			Corredores	13	
			Banheiros	2	
TM-81-R(01)-IE-13-A2	2 X 32W		Refeitório	6	61
			Saletinhas	20	
			Elevadores	3	
			Rampa	32	
	2 X 20W		Escadas	20	32

Figura 36: Planilha do somatório das luminárias por projeto

6.2.6. Medição dos níveis de iluminação artificial nos equipamentos instalados

O indicado em um projeto de iluminação existente é a conferência e a medição dos níveis de iluminância produzidos pelo sistema de iluminação artificial. Os dados analisados devem ser confirmados no local e as informações coletadas devem espelhar a real condição do sistema atual.

Com o objetivo de verificar os níveis de iluminamento no ambiente foi usada como parâmetro técnico a norma NBR 5382/1985, que trata da iluminância de interiores de áreas regulares através da iluminância média sobre um plano horizontal, proveniente da iluminação geral. (ABNT NBR 5382). Em 2013, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) substituiu a NBR 5382 pela NBR

ISO/CIE 8995-1:2013, porém manteve-se a NBR 5382 como parâmetro porque o projeto é anterior ao ano de 2013.

Nos *shoppings* pesquisados efetuou-se a conferência da iluminância para aferir *in loco* os dados informados na memória de cálculo e o nível de depreciação dos equipamentos. O instrumento utilizado para medição foi um luxímetro modelo MLM-1011 da empresa Minipa (Figura 37).



Figura 37: Luxímetro Minipa utilizado para medição

Fonte: Minipa (2014)

O trabalho objetivou a medição de níveis de iluminância das fontes existentes, avaliados através do projeto de iluminação fornecido pelas empresas e da medição das áreas comuns selecionadas no *mall* e no estacionamento. Na verificação foi possível confirmar as fontes de luz instaladas e compará-las com as curvas fotométricas das luminárias fornecidas pelos fabricantes.

A ferramenta utilizada para o levantamento foi uma planilha simples com as anotações das iluminâncias existentes em cada área e fotos dos ambientes com a iluminação, conforme a Figura a seguir.



Figura 38: Medição no Boulevard Shopping São Gonçalo

Na sequência das etapas a medição da iluminação existente com os referentes valores unitários de cada composição foi somada. O valor total gerou um número retratando o valor utilizado com energia no sistema de iluminação atual. O somatório desse valor foi guardado para futura comparação do sistema existente com o proposto.

Após a confirmação da medição, o passo seguinte foi a busca de equipamentos relativos à tecnologia LED para substituição no sistema existente que apresentassem características semelhantes ao conceito utilizado no projeto original de arquitetura/iluminação.

6.2.7 Especificação do equipamento LED

Os LEDs surgiram como resposta à necessidade de eficiência energética com menor consumo de energia elétrica nos sistemas de iluminação artificial. E vêm se mostrando uma alternativa consistente em termos de sustentabilidade na comparação com sistemas que utilizam lâmpadas convencionais, sobretudo em aplicações residenciais e comerciais.

Na iluminação comercial de *shopping center*, no entanto, foco de avaliação do uso dos diodos emissores de luz desta pesquisa, nem sempre o uso exclusivo de LEDs pode ser considerado a melhor opção. O estudo de Moura et al (2012)

demonstrou que em ambientes de trabalho sistemas de iluminação podem ser eficientes do ponto de vista energético e do conforto visual combinando tecnologia convencional com a tecnologia LED.

Outro ponto a ser considerado na utilização do sistema de LED em ambientes comerciais diz respeito à forma tecnicamente correta de utilização desses dispositivos. Embora o estudo de Noya et al (2014) tenha apontado eficiência em termos de iluminância, qualidade de luz e economia dos LEDs sobre lâmpadas fluorescentes, também deixou nítida a necessidade de calcular e medir o uso desses dispositivos antes de seu emprego nos ambientes corporativos.

Vários tipos diferentes de solução para iluminação geral empregando LEDs estão disponíveis no mercado. Os fornecedores “vendem” a ideia da substituição direta de lâmpadas incandescentes ou lâmpadas fluorescentes tubulares e compactas por diodos eletrônicos, oferecendo os LEDs sob o argumento da fácil substituição de um sistema de iluminação por outro. Contudo, o problema da troca direta sem o emprego de medições e cálculos é que dificilmente o novo sistema atenderá aos requisitos básicos de eficiência.

A especificação do equipamento LED foi a fase mais demorada da metodologia proposta por necessitar de consulta junto a empresas fornecedoras de equipamentos com o objetivo de verificar se a substituição atenderia às características projetadas no espaço de cada *shopping*.

Na seleção, foram destacados de quatro a cinco equipamentos para troca no sistema existente. O processo de levantamento das luminárias avaliou as características técnicas descritas nos catálogos dos fabricantes de LED levando em conta semelhanças com a especificação das luminárias existentes descritas no caderno de equipamentos.

A luminária deveria ter conformidade demonstrada dos lúmens especificados e atender à curva fotométrica utilizada anteriormente para não modificar as características técnicas e estéticas seguidas no projeto de iluminação dos *shopping centers*. No caderno de especificação, as luminárias utilizadas apresentam os dados fotométricos, conforme observado na Figura 39.

DADOS FOTOMÉTRICOS - item 4

Projeto Boulevard Shopping São Gonçalo	Local	São Gonçalo
Etapa FASE 1	Criado em	28/02/2008 Atualizado em 28/04/2010

Fabricação PROJETO
Tipo DP-1912-12-10

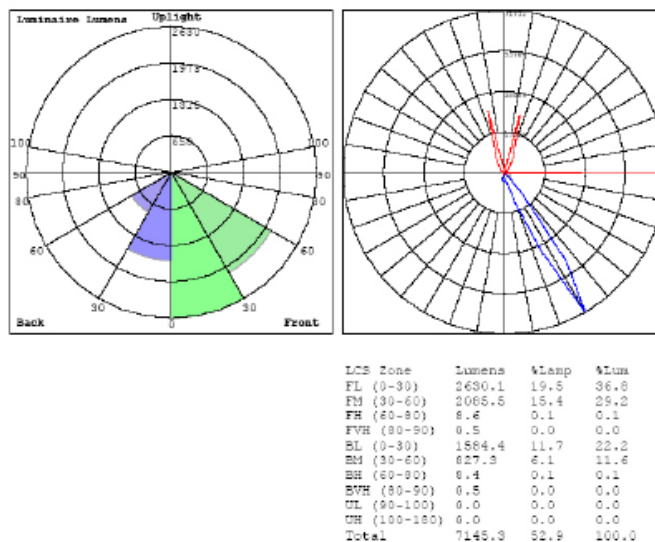


Figura 39: Dados fotométricos do caderno de especificações

Fonte: Administração do Boulevard São Gonçalo (2013).

No projeto luminotécnico de um *retrofit* deve-se atender as iluminâncias recomendadas pela norma. O projeto original foi executado e planejado com base na norma NBR 5413, vigente na época. No novo projeto, todas as observações da norma para a escolha da luminária e da fonte de luz também deveriam ser atendidas.

Na escolha da lâmpada, destaca-se a eficiência luminosa, vida útil, temperatura de cor e índice de reprodução de cor. Na luminária, a análise da curva fotométrica e a propriedade reflexiva, que são avaliadas através da análise de coeficientes de utilização fornecidos pelos fabricantes. Nos reatores eletromagnéticos ou eletrônicos deve-se observar fator de potência que atenda aos princípios de eficiência e economia de energia.

As luminárias pesquisadas devem atender às mesmas características técnicas da especificada no projeto original. No processo de busca do equipamento para substituição a análise e a comparação com a especificação constante do

caderno técnico do projeto existente de iluminação, como os dados fotométricos e quantidade de lumens, são comparados com os dados técnicos fornecidos no catálogo da luminária selecionada para o *retrofit*. Na Figura 40 observa-se a curva da nova luminária especificada no catálogo do fornecedor de LED.

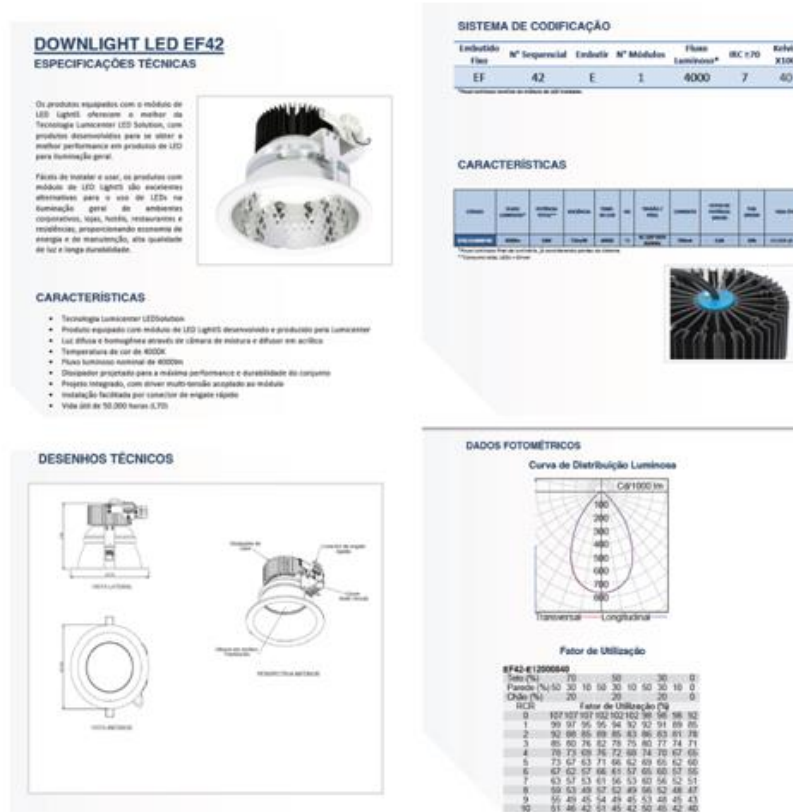


Figura 40: Catálogo técnico das luminárias

Fonte: Lumicenter (2014).

A luminária selecionada para comparação na planilha de viabilidade necessitou em alguns casos da comprovação dos cálculos fotométricos. Na situação observada o procedimento foi destacar uma parte da área no projeto de iluminação original, onde foi utilizado o equipamento anterior, e aplicar o cálculo do *software* de simulação DIALux para confirmar se a curva da nova luminária enviada pelo fabricante atendia aos critérios de iluminação aplicados no projeto.⁶

⁶ O uso de *softwares* de simulação como ferramenta auxiliar em projetos de iluminação é expediente cada vez mais frequente. Dentre esses *softwares*, destaca-se o DIALux, proveniente da Alemanha, atualmente um dos mais populares do mundo por sua curva de aprendizado relativamente fácil e pelos diversos módulos que possui. (SOUZA, 2011). Para a utilização nesta pesquisa, o DIALux foi baixado do próprio *site* da empresa, www.dialux.com.

Depois de selecionadas as luminárias de vários fornecedores a prioridade foi escolher a melhor opção (ou opções) que atendesse aos critérios de eficiência. Para tanto, foi criada uma planilha resumo descrita no item de critérios de corte com o objetivo de facilitar a visualização e posteriormente o descarte de alguns equipamentos.

6.2.8 Critérios de seleção na especificação do equipamento LED

Para a aplicação dos cálculos e comparação entre os sistemas, foram consideradas a qualidade e quantidade esperada para economia de energia, aliada ao design de luz na utilização do sistema atual e futura substituição pelo sistema de LED.

Na pesquisa, registrou-se que a empresa fornecedora possui um departamento de energia e efetua práticas de controle e eficiência com qualidade no processo de trabalho, seguindo as normas de qualidade para *Solid State Lighting* (SSL) de seus produtos, tais como:

- Saída de luz da luminária;
- Eficácia (lúmens por Watt);
- Potência medida (Watt);
- Temperatura de cor correlacionada (CCT);
- Índice de reprodução de cor (IRC);
- Fator de potência.

Considerou-se que os fabricantes dos equipamentos avaliados teriam de comprovar (com a opção de listar duas métricas opcionais e adicionais no rótulo), a saber: garantia; e LED de luz de manutenção (como uma porcentagem de emissão de luz inicial a um tempo fixo).

Antes de efetuar os cálculos pertinentes foi elaborada uma planilha com o resumo dos equipamentos selecionados através de pesquisa para assegurar que os equipamentos atenderiam a critérios seguindo as normas de qualidade dos produtos. Na planilha, as luminárias selecionadas pelos catálogos e características técnicas, que permitiam a substituição da luminária existente, eram avaliadas para verificar se preenchiam os requisitos mínimos necessários. O equipamento que não atendesse aos critérios seria cortado evitando assim cálculos desnecessários no sistema DIALux.

Na Figura 41 verifica-se a possibilidade de corte da luminária destacada em vermelho pelo não atendimento do índice mínimo de IRC (ou CRI), o índice de reprodução de cor que se apresentava menor do que 80%.

FABRICANTES	IMAGEM	DESCRIÇÃO / REFERÊNCIA	TCC (K)	IRC
GE		LUMINÁRIA de EMBUTIR, CORPO REFLETOR em ALUMÍNIO ANODIZADO, ARÓ de ACABAMENTO em ALUMÍNIO, PINTURA EPOXI PO na COR BRANCO, com MÓDULO LED, CONTROLE ÓTICO. POTÊNCIA 30W, FLUXO LUMINOSO 4000lm, ABERTURA de FACHO 35°. APLICAÇÃO no MALL	3000 / 4000	87
LEMCA / LG		LED DOWNLIGHT, 8" de DIÂMETRO, POTÊNCIA 37W, FLUXO LUMINOSO 2879lm, ABERTURA de FACHO 100°. APLICAÇÃO no MALL	3000 / 4000	80
SYLVANIA		LUMINÁRIA de EMBUTIR, CORPO e DISSIPADOR em ALUMÍNIO ACABAMENTO em PINTURA EPOXI PO na COR BRANCO. POTÊNCIA 45W, FLUXO LUMINOSO 2115lm, FACHO 100°. APLICAÇÃO no MALL	3000 / 4000	85
TECAL		PRODUTO NÃO INDICADO, FLUXO LUMINOSO INSUFICIENTE DIMENSÕES NÃO INFORMADAS, IRC ABAIXO do INDICADO. APLICAÇÃO no MALL	3000 / 4000	75
LAND ENERGY		PRODUTO NÃO INDICADO, FLUXO LUMINOSO INSUFICIENTE DIMENSÕES NÃO INFORMADAS, IRC ABAIXO do INDICADO. APLICAÇÃO no MALL	3000	75
GE		MÓDULO LED TETRA POWER MAX, para UTILIZAÇÃO em SANCA com 6,1mt. DRIVER de TENSÃO: 12V SANCA	3200	85
LEMCA		LED STRIP, WATERPROOF MAX 19,2W/mt, ROLO com 5mt, ROLO c/ 5mt, UTILIZA FONTE. DRIVER de TENSÃO: 12V SANCA	3200	80
TECAL		PRODUTO PRÓPRIO PARA SUBSTITUIR LÂMPADA FLUORESCENTE COMPACTA, PORÉM para ESTA APLICAÇÃO, MANTERA AS SOMBRAS EXISTENTES e SEU IRC NÃO É COMPATÍVEL SANCA	3000 / 4000	75
LEMCA / GE		LED TUBE 1200mm, POTÊNCIA 22W, FLUXO LUMINOSO 1750m DIFUSOR LEITOSO NÃO UTILIZA EQUIPAMENTO AUXILIAR TENSÃO: 100-240V GARAGEM	3000 / 4000	83
TECAL		LED TUBE 1200mm, POTÊNCIA 18W, FLUXO LUMINOSO 2000lm DIFUSOR TRANSLUCIDO (ALTO NÍVEL de OFUSCAMENTO) UTILIZA EQUIPAMENTO AUXILIAR 24Vcc (+2W) TENSÃO: 100-230V GARAGEM	3000 / 4000	75
LANDENERGY		LED TUBE 1200mm, POTÊNCIA 18W, FLUXO LUMINOSO 1350lm DIFUSOR LEITOSO NÃO UTILIZA EQUIPAMENTO AUXILIAR TENSÃO: 100-240V GARAGEM	3000 / 4000	70

Figura 41: Planilha resumo – cortes

Na avaliação e critério de corte outras características foram consideradas, como ofuscamento da fonte de luz na visão do usuário, não atendendo aos critérios de qualidade da iluminação por causar desconforto visual.

Visando obter equipamentos de LED com qualidade, foi aplicado um questionário, cujo processo de realização é descrito a seguir.

6.2.9. Aplicação de questionário para fornecedores

A GE, fabricante de dispositivos a LED, sugere a aplicação um questionário contendo 10 perguntas aos provedores dessa tecnologia. (GE, 2010). Com base nesse questionário, e observando a bibliografia consultada ao longo deste trabalho, desenvolveu-se um questionário de 10 perguntas que foi aplicado a cada fornecedor dos equipamentos de iluminação para os *shoppings* estudados. Considerou-se que o questionário é pertinente à escolha da melhor opção em sistemas a LED, pois, comparar esses sistemas, é como comparar “maças com laranjas”, conforme linguagem adotada no material da GE, devido à diversidade de produtos no mercado. (GE, 2010).

Na mesma direção, foram levantados questionamentos, como indicado na *lesna Ligthing Handbook 10th Edition* (IES, 2010), do tipo “as empresas respeitam os direitos de propriedade intelectual?”; “é necessário saber o processo de compensação de patente?”; “os produtos são de propriedade intelectual, sendo aprovados por qual centro de pesquisa e medição?”.

Os parâmetros considerados foram:

- IES LM-79 para o fluxo total e cor (obrigatória métrica rótulo; LM-79 seções 9 e 12);
- IES LM-79 para a distribuição de intensidade (de métricas opcionais; LM-79 seção 10);
- Teste de medição de temperatura (ISTMT);
- IES LM-80

Complementando os relatórios na avaliação dos questionários os equipamentos de LED devem preencher os seguintes parâmetros: o fator de potência deve atender o índice maior que 0,95 bivolt automático (127V/220V); o fator de eficiência (potência luminosa/potência total consumida) acima de 80 lúmens por Watt; IRC maior de 90 e o valor da cromaticidade em Kelvin; ensaio de distribuição

fotométrica em laboratórios sem vínculo com o setor privado e distribuição dos arquivos de distribuição fotométrica (IES). Considerar também o melhor preço para os produtos que estão em teste e os novos produtos que o fornecedor/empresa julgue ideal para atender ao *shopping* analisado.

Os equipamentos especificados para simulação dos cálculos só foram selecionados se o questionário aplicado e enviado às empresas fornecedoras fossem recebidos com as respostas em atendimento à solicitação da pesquisa. As perguntas que constam do questionário foram:

1. Se a empresa tem registrada num departamento de energia suas boas práticas com a qualidade. E se segue as normas de qualidade para *Solid State Lighting* (SSL) de seus produtos, tais como: saída de luz da luminária; eficácia (lúmens por watt); potência medida (watts); temperatura de cor correlacionada (CCT); índice de reprodução de cor (CRI);
2. Os produtos são de propriedade intelectual (IP) de quem? As empresas respeitam os direitos de propriedade intelectual de outros? É necessário saber o processo de compensação de patente;
3. Qual a avaliação de desempenho do fabricante LED e sua classificação no sistema para o produto final? A empresa não deve fazer avaliação de desempenho do produto uma única vez através dos dados dos fornecedores de LED. O correto é realizar testes laboratoriais independentes do LED, subsistema e sistema completo. Só assim determinar o produto real com seu desempenho que leva em conta a carga térmica, ótica e perdas do drive. Estes dados de teste em relação às reivindicações de desempenho de produto devem ser compartilhados;
4. Qual a precaução que a empresa toma para garantir que o LED selecionado vai atender o desempenho e requisitos para qual é avaliado? A sua empresa compartilha os dados que mostram o processo de seleção e testes do LED? Antes de selecionar um diodo emissor de luz para o produto tem que haver a realização de testes de qualificação em longo prazo em várias temperaturas e operações de corrente. Este teste apresenta a tendência em mudança de cor, depreciação, saída de luz e consumo de energia. Em seguida comparar com os testes contra as afirmações do fabricante do LED para validar o desempenho. Compartilhar os dados de testes com o cliente;

5. Seu produto apresentado em LED foi testado pela LM80 para demonstrar L70 (vida após 6.000 horas de teste)? Se sim, compartilhar seus dados LM80 e modelo de vida que foi utilizado para demonstrar a vida L70;
6. Seu produto LED atende os requisitos da LM79? Se sim, fornecer o relatório de ensaio da LM79 do laboratório de testes NVLAP conhecida;
7. Sua empresa desenha os termos de confiabilidade ou apenas faz um teste de confiabilidade para demonstrar o desempenho de longo prazo do seu produto? Sua empresa pode compartilhar o processo de confiabilidade de desenvolvimento do produto. Qual a metodologia? Six Sigma?;
8. Que tipo de teste sua empresa executa para validar a vida do produto em operação segura? Favor compartilhar o resultado dos testes. Para ajudar a validar a vida do produto, todos os novos sistemas LED devem passar por testes de temperatura elevada a 140 graus Celsius e por pelo menos 10% de sua pontuação de vida. Isto para mostrar que o produto atende ou excede sua reivindicação da vida. Isso significa que um produto com uma vida útil de 50.000 horas será submetido a um mínimo de 5.000 horas de testes contínuos. Além disso, o teste em alta temperatura e alta umidade acelera o teste de vida para até 1.000 horas a 140 graus F/90% RH. A empresa faz teste de robustez para identificar os elos mais fracos e assegurar que o produto irá falhar de uma maneira segura? Favor compartilhar os dados de testes;
9. Que ações ocorrem na fabrica para garantir que o produto irá funcionar corretamente quando instalado pelo cliente? Todos os produtos são fabricados em estrita conformidade com um conjunto detalhado de instruções de montagem que inclui a entrada do componente de inspeção/teste e vários controles de qualidade da linha de produção para ajudar a garantir que o produto final seja construído dentro de padrões exigidos;
10. Como sua empresa pode garantir que o produto continuará a atender a especificação? Para ajudar a garantir o desempenho em longo prazo, a empresa deverá testar os produtos para o ano após o lançamento inicial. Em intervalos pré-definidos, puxar amostras da produção e enviar para testes nas instalações certificadas pela NVLAP e LM79.

6.2.10 Simulações utilizando *softwares* de cálculos luminotécnicos

As especificidades de iluminação em cada setor do *shopping* podem ser simuladas e calculadas utilizando *softwares* de cálculo luminotécnico. Na pesquisa, foram efetuados cálculos de níveis luminotécnicos através do programa DIALux, *software* destinado ao cálculo de iluminação que apresenta visualização 3D fotográfica realística do ambiente, baseando-se nas normas e padrões internacionais mais recentes.

Na Figura 42 pode-se observar uma imagem da renderização em 3D gerada pelo *software* e a zona de atendimento nas cores da legenda representando a iluminância. Na simulação, o espaço apresentou uma iluminância média de 180 lux ao nível do plano de trabalho, ficando assim dentro dos valores requeridos pela norma.

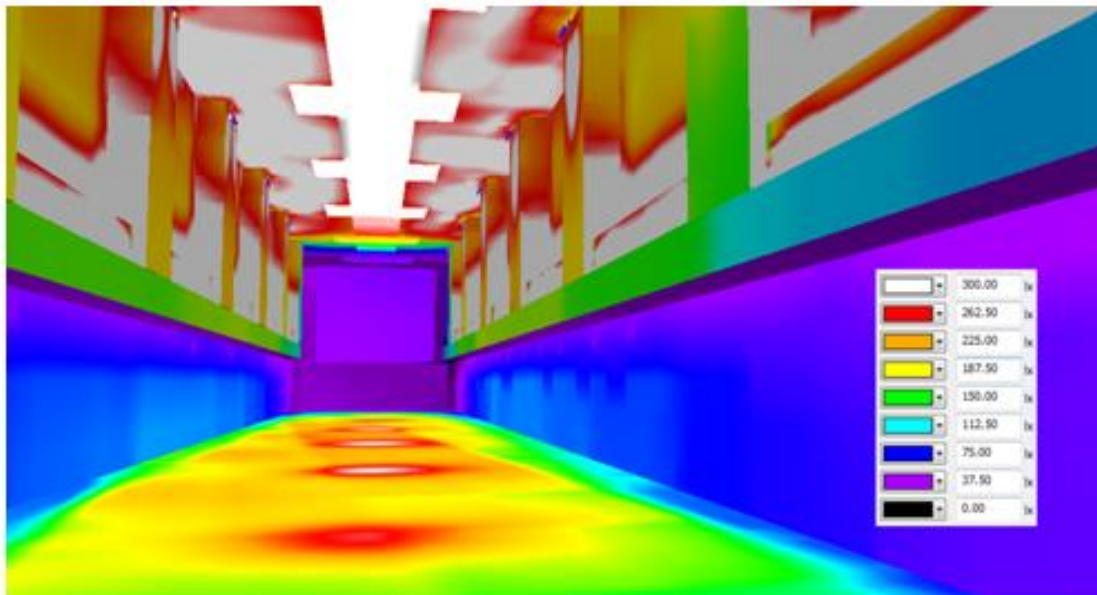


Figura 42: Imagem do *mall* gerada pelo *software* DIALux

Todas as luminárias que atenderam aos critérios de qualidade e geraram a iluminância desejada depois da aplicação do sistema DIALux foram consideradas para verificar o orçamento de cada fabricante do valor unitário do equipamento e depois multiplicar pelo total de luminárias a serem substituídas, o que viabilizou que se chegasse ao valor do custo para instalação da nova tecnologia.

6.2.11. Planilha resumo dos valores das luminárias

Os valores (unitário e total) foram consolidados em uma planilha para resumir os dados e facilitar o cálculo do custo do investimento *versus* a economia em energia e manutenção. (Figura 43).

LED						
2	TROCA DE 412 LUMINÁRIAS DO MALL	MODELO	IRC	R\$ unitário	R\$ TOTAL	GARANTIA
3	GE	Led M2000 - 30W	87%	R\$ 356,00	R\$ 146.672,00	5 anos
4				mais acessórios e montagem		
5	Sylvania	Downlight Invaser 175	85%	R\$ 249,50	R\$ 102.794,00	2 anos
6						
7	LG	Led Downlight 37W	80 a 85%	R\$ 316,00	R\$ 130.192,00	3 anos
8						
9	KAWOA	Bolacha-retrofit	80%	R\$ 389,00	R\$ 160.268,00	2 anos
10						
11	LUMICENTER	NR-111307-A	85%	R\$ 353,19	R\$ 145.515,10	5 anos
12						

Figura 43: Planilha resumo – custo das luminárias

A planilha acima vai auxiliar na etapa final da pesquisa onde o valor do investimento, com fornecedores diferentes, mas características técnicas similares, será aplicado, possibilitando a análise dos dados nas planilhas do estudo de viabilidade econômica, detalhados na seção a seguir.

6.2.12. Planilhas do estudo de viabilidade econômica

Na etapa seguinte, vários cálculos necessitam ser feitos, comparar os preços dos equipamentos considerando as características técnicas já analisadas anteriormente, solicitar aos administradores as contas com os valores em kWh para o cálculo do custo atual na conta de energia no sistema, saber o custo da manutenção e reposição da iluminação do *shopping*, dentre outras informações que serão detalhadas ao longo desse item.

As informações foram condensadas e apresentadas em formas de tabelas facilitando a visualização e ainda destacando a ferramenta utilizada na metodologia para obter a informação do *retrofit* da iluminação. O exemplo detalhado foi aplicado nos três *shoppings* seguindo a ordem de apresentação descrita no item *shopping*

selecionado. Os resultados apresentados a seguir são da unidade Boulevard Shopping São Gonçalo.

A primeira tabela apresentada consolida e demonstra as horas de funcionamento do espaço analisado. As horas médias de funcionamento do *shopping* por dia (fornecidas pela administração) foram obtidas e depois aplicadas as multiplicações para calcular as horas no mês (considerando 30 dias) e consequente no ano (considerando 360 dias para o cálculo). A observação para aplicação na comparação dos diferentes sistemas propostos de iluminação é que as horas de funcionamento sempre serão iguais, independentemente do sistema escolhido.

Tabela 5: Horas de funcionamento da instalação (Planilha 1)

Utilização do sistema	Sistema existente	Sistema eficiente - proposto
Horas/dia	17	17
Horas/mês	510	510
Horas/ano	6120	6120

O Quadro a seguir representa os equipamentos e as empresas escolhidas depois de todas as etapas anteriores de avaliação do projeto luminotécnico existente e as características das luminárias com tecnologia de LED analisadas e selecionadas na simulação com o *software* de cálculo DIALux.

No Quadro 3, as empresas foram nomeadas com vogais para identificação, por exemplo, sistema A, B, sendo que nas próximas etapas sempre será representado conforme a identificação do quadro resumo.

Na coluna seguinte o equipamento utilizado está especificado com o nome ou código identificador do fornecedor e na última coluna o valor em Watt da potência da luminária utilizada. A identificação por letra deve prosseguir em todas as etapas, facilitando o cálculo e preservando a identificação da empresa nos relatórios ao longo do processo.

Sistemas	Empresas	Equipamentos	Potências
Existente	Existente	Vapor metálico	150W
A	Eficiente GE	LED M2000	30W
B	Eficiente LG	LED DOWNLIGHT	37W
C	Eficiente SYLVANIA	LED DOWNLIGHT	42W
D	Eficiente LUMICENTER	LED DOWNLIGHT	56W

Quadro 3: Codificação das empresas e respectivos equipamentos

Depois de identificadas as empresas, na próxima tabela devem constar o total de luminárias ou equipamentos, já somado anteriormente, utilizando uma das duas tabelas auxiliares de totalização de luminárias descritas no item (6.2.5). A totalização é efetuada no momento do levantamento dos dados no projeto executado, no caderno de especificações técnicas, e conferida no local na visita técnica efetuada pela equipe de iluminação.

A Tabela a seguir contém o número total de lâmpadas existentes, por exemplo, o *mall* central do *shopping*. Os equipamentos com as mesmas características técnica são somados e totalizados. Na planilha é especificada a potência (Watt) individual da lâmpada (existente ou proposta) e, depois é multiplicada pelo total de lâmpadas para achar a potência total necessária para o funcionamento da iluminação utilizando o sistema atual e o sistema proposto.

Tabela 6: Total de lâmpadas/Watt (Planilha 2)

	SISTEMAS				
	Existente	A	B	C	D
Total Lâmpada – V.MT	412	-	-	-	-
Total LED Downlight	-	412	412	412	412
Watt/Lâmpada	150	30	37	42	56
Total Watts	61.800	12.360	15.244	17.304	23.072

A próxima Tabela é referente à potencia dos equipamentos auxiliares.

Tabela 7: Total de equipamentos auxiliares/Watt (Planilha 3)

	SISTEMAS				
	Existente	A	B	C	D
Total Reatores – 1x70W	412	-	-	-	-
Watt/Reator	20	-	-	-	-
Total Watts	8.240	0	0	0	0

O próximo dado representa o total de Kilowatts consumidos no sistema atual em comparação com os quatro sistemas propostos utilizando a tecnologia LED. Representa o total em Watt das lâmpadas somado ao total dos equipamentos auxiliares existentes, que no caso do sistema em funcionamento tem como valor final 70.040W.

O mesmo procedimento de cálculo é realizado em relação aos outros sistemas, sendo que os sistemas utilizando a tecnologia LED não necessitam de reator para ligar a lâmpada. A linha final da tabela demonstra a economia do consumo em percentual para cada sistema proposto, calculado em relação ao consumo atual do sistema e a aplicação e utilização dos diodos emissores de luz.

Tabela 8: Consumo total de Kilowatts em relação à iluminação (Planilha 4)

	SISTEMAS				
	Existente	A	B	C	D
Total Watts	70.040	12.360	15.244	17.304	23.072
Total de kW	70,04	12,36	15,24	17,30	23,07
Economia %	-	82,35%	78,24%	75,29%	67,06%

As quatro Tabelas descritas acima (Planilhas 1, 2, 3 e 4) representam dados referentes às instalações existentes, isto é, às luminárias e lâmpadas do *shopping* analisado. A comparação com o sistema proposto apresenta o número dos equipamentos e a potência (Watt) utilizada para o funcionamento do sistema. Na etapa seguinte é necessário quantificar o valor gasto em energia e a redução do consumo por ano utilizando a tecnologia LED.

No Quadro 4 apresentam-se os valores cobrados da tarifa contratada com a concessionária de energia elétrica da região onde está localizado o *shopping* em

estudo. Os valores foram fornecidos pela administração do empreendimento e devem ser considerados diferenciados por hora de utilização ao dia.

Tipo de tarifa	(R\$/kW)
Demanda na Ponta	81,43
Demanda Fora da Ponta	30,50
Consumo na Ponta	0,37
Consumo Fora da Ponta	0,219

Quadro 4: Tarifa contratada com a concessionária de energia elétrica

Nos próximos quadros e tabelas é demonstrada a redução do consumo de energia utilizando um sistema de iluminação eficiente.

Na Tabela 9 é apresentado o total de consumo por ano de energia em cada sistema (existente e proposto). Descrevendo o cálculo (Planilha 4), transcreve-se o valor total por sistema em kW multiplicado pelo número de horas informadas pela administração do *shopping*, totalizadas na Planilha 1. O valor total de hora utilizando o sistema de iluminação é 6.120h.

Tabela 9: Energia usada por ano (kWh) - (Planilha 5)

(kW) x (Horas de funcionamento da iluminação por ano)	SISTEMAS				
	Existente	A	B	C	D
70,04 kW x 6120h	12,36 kW x 6120h	15,244 kW x 6120h	17,304 kW x 6120h	23,072 kW x 6120h	
Total	428.644,80	75.643,20	93.293,28	105.900,48	141.200,64

No próximo Quadro é apresentada de forma resumida para fácil visualização a redução de energia por ano devido à utilização dos sistemas propostos. Considerando que a energia total usada por ano no sistema atual é de 428.644,80 kWh, a conta a ser efetuada é o valor atual menos o valor utilizado em cada sistema proposto.

Sistemas	Empresas	Utilizado - sistema	Total
Existente	Existente	428.644,80 kWh	
A	Eficiente GE	75.643,20 kWh	353.001,60 kWh
B	Eficiente LG	93.293,28 kWh	335.351,52 kWh
C	Eficiente SYLVANIA	105.900,48 kWh	322.744,32 kWh
D	Eficiente LUMICENTER	141.200,64 kWh	287.444,16 kWh

Quadro 5: Redução de energia por ano no sistema eficiente

Utilizando um sistema de iluminação eficiente, o consumo de energia vai diminuir gerando um ganho financeiro mensal, considerando a redução do consumo. O horário de pico do shopping (ou de ponta) é entre 17h30min e 20h30min. Essas três horas diárias multiplicadas pelos 30 dias do mês representarão 90 horas.

A seguir calculou-se em cada sistema o ganho financeiro na demanda e depois o ganho financeiro no consumo utilizando o sistema eficiente de iluminação conforme demonstrado no Quadro resumo abaixo.

Horário de ponta	Horário fora de ponta
SISTEMA A	
70,04 kW – 12,36 kW = 57,68 kW 57,68 kW x (R\$/kW) 81,43 = R\$ 4.696,88	57,68 kW x (R\$/kW) 30,50 = R\$ 1.759,24
Total de ganho financeiro na demanda (Sistema A) = R\$ 6.456,12	
SISTEMA B	
70,04 kW – 15,244 kW = 54,796 kW 54,796 kW x (R\$/kW) 81,43 = R\$ 4.462,04	54,796 kW x (R\$/kW) 30,50 = R\$ 1.671,29
Total de ganho financeiro na demanda (Sistema B) = R\$ 6.133,33	
SISTEMA C	
70,04 kW – 17,304 kW = 52,736 kW 52,736 kW x (R\$/kW) 81,43 = R\$ 4.294,29	52,736 kW x (R\$/kW) 30,50 = R\$ 1.608,45
Total de ganho financeiro na demanda (Sistema C) = R\$ 5.902,74	

SISTEMA D	
70,04 kW – 23,072 kW = 46,968 kW 46,968 kW x (R\$/kW) 81,43 = R\$ 3.824,60	46,968 kW x (R\$/kW) 30,50 = R\$ 1.432,52
Total de ganho financeiro na demanda (Sistema D) = R\$ 5.257,12	

Quadro 6: Ganho financeiro na demanda/por sistema

No quadro seguinte demonstra-se o ganho financeiro no consumo por mês com a utilização do sistema eficiente de iluminação.

O cálculo considera 510 horas por mês, valor que deve ser multiplicado pelo consumo total de kWh no sistema existente e depois o kWh no sistema eficiente em questão. Os dois valores devem ser somados para multiplicar pelo consumo de ponta.

Consumo na ponta 3h/dia = 90h/mês = 17,65%	Consumo fora de ponta 14h/dia = 420h/mês
SISTEMA A	
70,04 kW x 510 h = 35.720,40 kWh 12,36 kW x 510 h = 6.303,60 kWh Valor para cálculo = 29.416,80 kWh	70,04 kW x 420 h = 29.416,80 kWh 12,36 kW x 420 h = 5.191,20 kWh Valor para cálculo = 24.225,60 kWh
29.416,80 kWh x (R\$/kW) 0,37 = R\$ 10.884,22 R\$ 10.884,22 x 12,94% = R\$ 1.408,42	24.225,60 kWh x (R\$/kW) 0,219 = R\$ 5.305,41
Total de ganho financeiro no Consumo (Sistema A) = R\$ 6.713,83	
SISTEMA B	
70,04 kW x 510 h = 35.720,40 kWh 15,244 kW x 510 h = 7.774,44 kWh Valor para cálculo = 27.945,96 kWh	70,04 kW x 420 h = 29.416,80 kWh 15,244 kW x 420 h = 6.402,48 kWh Valor para cálculo = 23.014,32 kWh
27.945,96 kWh x (R\$/kW) 0,37 = R\$ 10.340,00 R\$ 10.340,00 x 12,94% = R\$ 1.337,99	23.014,32 kWh x (R\$/kW) 0,219 = R\$ 5.040,14
Total de ganho financeiro no Consumo (Sistema B) = R\$ 6.378,13	

SISTEMA C	
70,04 kW x 510 h = 35.720,40 kWh 17,304 kW x 510 h = 8.825,04 kWh Valor para cálculo = 26.895,36 kWh	70,04 kW x 420 h = 29.416,80 kWh 17,304 kW x 420 h = 7.267,68 kWh Valor para cálculo = 22.149,12 kWh
26.895,36 kWh x (R\$/kW) 0,37 = R\$ 9.951,28 R\$ 9.951,28 x 12,94% = R\$ 1.287,69	22.149,12 kWh x (R\$/kW) 0,219 = R\$ 4.850,66
Total de ganho financeiro no Consumo (Sistema C) = R\$ 6.138,35	
SISTEMA D	
70,04 kW x 510 h = 35.720,40 kWh 23,072 kW x 510 h = 11.766,72 kWh Valor para cálculo = 23.953,68 kWh	70,04 kW x 420 h = 29.416,80 kWh 23,072 kW x 420 h = 9.690,24 kWh Valor para cálculo = 19.726,56 kWh
23.953,68 kWh x (R\$/kW) 0,37 = R\$ 8.862,86 R\$ 8.862,86 x 12,94% = R\$ 1.146,85	19.726,56 kWh x (R\$/kW) 0,219 = R\$ 4.320,12
Total de ganho financeiro na demanda (Sistema D) = R\$ 5.466,97	

Quadro 7: Ganho no consumo por mês

A redução financeira mensal (considerando a demanda e o consumo) vai ser o resultado dos somatórios dos Quadros 6 e 7 em cada sistema proposto utilizando a tecnologia eficiente de LED. Na Tabela 10, os valores de cada sistema são representados, facilitando a rápida visualização das economias calculadas.

Tabela 10: Redução financeira mensal considerando demanda e consumo

	SISTEMAS			
	A	B	C	D
Demanda (R\$)	6.456,12	6.133,33	5.902,74	5.257,12
Consumo (R\$)	6.713,83	6.378,13	6.138,35	5.466,97
Total (R\$)	13.169,95	12.511,46	12.041,09	10.724,09

Os cálculos considerando a demanda e o consumo foram resumidos em quadros ou tabelas, a fim de se conhecer a economia gerada com energia pela troca do sistema.

Além dos gastos com energia é necessário contabilizar gastos atuais com a manutenção e reposição do sistema de lâmpadas instaladas no *shopping*. Nos Quadros apresentados a seguir serão considerados o custo operacional com o material e a mão de obra necessária para o funcionamento adequado da iluminação. O valor homem/hora considerado para cálculo foi de R\$ 5,22. O que se pretende demonstrar é a economia do sistema levando em conta a redução do custo operacional com reposição de lâmpadas, reatores e redução de mão de obra.

Sistema existente	Descrição do cálculo - lâmpadas
Lâmpada Vapor Metálico 150W Vida mediana 12.000 h Custo unitário R\$ 145,00	Horas de funcionamento da instalação por ano: 6.120h Instalação tem 412 Lâmpadas vapor metálico 150W Trocar lâmpadas de vapor metálico 150W em: 12.000 h 6.120 h = 1,96 anos (2 anos) Troca-se 17 lâmpadas por mês
Valor/manutenção	5 minutos p/troca de uma lâmpada = 17 x R\$0,44 = R\$ 7,48 Lâmpadas substituídas p/mês = 17xR\$ 145,00 =R\$2.465,00

Quadro 8: Cálculo com a manutenção e reposição do sistema existente (lâmpada)

Sistema existente	Descrição do cálculo - reatores
Reator Eletromagnético 1x150W - alto fator de potência Vida mediana 20.000 h Custo unitário R\$ 66,00	Horas de funcionamento da instalação por ano: 6.120 h Instalação tem 412 reatores eletromagnéticos 1x150W Trocar reatores em: $20.000 \text{ h} / 6.120 \text{ h} = 3,27 \text{ anos}$ (3 anos e 3 meses) Troca-se 11 Reatores por mês
Valor/manutenção	15 minutos p/troca de um reator = $11 \times \text{R}\$1,31 = \text{R}\$ 14,41$ Reatores substituídos p/mês = $11 \times \text{R}\$ 66,00 = \text{R}\$ 726,00$

Quadro 9: Cálculo com a manutenção e reposição do sistema existente (reatores)

Sistema A	Descrição do cálculo - LED
LED M2000 30W Vida mediana 50.000 h Custo unitário R\$ 634,40	Horas de funcionamento da instalação por ano: 6.120 h Instalação terá 412 LEDs M2000 30W Trocar LEDs M2000 30W em: $50.000 \text{ h} / 6.120 \text{ h} = 8,17 \text{ anos}$ (8 anos e 2 meses) Troca-se quatro LEDs M2000 30W por mês
Valor/manutenção	5 minutos p/troca de um LED = $4 \times \text{R}\$0,44 = \text{R}\$ 1,76$ LED M2000 substituídos p/mês = $4 \times \text{R}\$ 634,40 = \text{R}\$2.537,60$

Quadro 10: Cálculo com a manutenção e reposição do sistema A (LED M2000)

Considerando a redução do custo operacional com reposição de lâmpadas, reatores e redução de mão de obra nos dois quadros apresentados, destaca-se que no sistema existente o valor da reposição da lâmpada é somado ao valor da

substituição do reator (R\$ 3.191,00), valor ao qual deve ser ainda incluída a mão de obra necessária para executar os serviços, totalizando R\$ 21,89. O total gasto com a manutenção do sistema é de R\$ 3.212,89.

O Quadro 11 ilustra o cálculo com a reposição do sistema a LED.

Sistema A	Descrição do cálculo - LED
Os sistemas que utilizam a tecnologia LED têm as mesmas características de duração e substituição	Horas de funcionamento da instalação por ano: 6.120 h Instalação terá 412 LEDs DOWNLIGHT Trocar LEDs $50.000 \text{ h} / 6.120 \text{ h} = 8,17 \text{ anos}$ (8 anos e 2 meses) Troca-se quatro LEDs por mês
Sistema B	LED DOWNLIGHT 37W
LED - 37W Custo unitário R\$ 480,00	5 minutos p/troca de um LED = $4 \times \text{R}\$0,44 = \text{R}\$ 1,76$ LED 37W substituídos p/mês = $4 \times \text{R}\$ 480,00 = \text{R}\$1.920,00$
Sistema C	LED DOWNLIGHT 42W
LED - 42W Custo unitário R\$ 413,19	5 minutos p/troca de um LED = $4 \times \text{R}\$0,44 = \text{R}\$ 1,76$ LED 42W substituídos p/mês = $4 \times \text{R}\$ 413,19 = \text{R}\$1.652,76$
Sistema D	LED DOWNLIGHT 56W
LED - 56W Custo unitário R\$ 470,46	5 minutos p/troca de um LED = $4 \times \text{R}\$0,44 = \text{R}\$ 1,76$ LED 56W substituídos p/mês = $4 \times \text{R}\$ 470,46 = \text{R}\$1.881,84$

Quadro 11: Cálculo com a manutenção e reposição do sistema – LED

Na Tabela 11 são apresentados os dados de economia mensal considerando a reposição de material e a mão de obra necessária para manutenção

dos sistemas eficientes de LED. Aos valores do sistema existente para manutenção são subtraídos os valores no cálculo do sistema proposto gerando o total da economia de cada sistema por mês.

Tabela 11: Economia mensal - reposição de material e mão de obra

	SISTEMAS				
	Existente	A	B	C	D
Lâmp. + reatores (R\$)	3.191,00	2.537,60	1.920,00	1.652,76	1.881,84
Mão de obra (R\$)	21,89	1,76	1,76	1,76	1,76
Total (R\$)	3.212,89	2.539,36	1.921,76	1.654,52	1.883,60
Economia (R\$)	-	673,53	1.291,13	1.558,37	1.329,29

Na planilha utilizada como resumo dos valores unitário e valor total descrita no item 6.2.11 é possível saber o custo do investimento com cada sistema proposto. Na fase seguinte é demonstrado o valor do investimento em cada sistema, próxima Tabela, cujo objetivo é visualizar o retorno do investimento aplicado.

Tabela 12: Valor do investimento (sistema eficiente)

	SISTEMAS			
	A	B	C	D
Quantidade	412	412	412	412
Valor unitário (R\$)	634,40	480,00	413,19	470,46
Valor Total (R\$)	261.372,80	197.760,00	170.234,28	193.829,52

O total de ganho financeiro (com a demanda, o consumo e a mão de obra de manutenção) é somado e apresentado na próxima Tabela.

No valor apresentado será possível calcular o retorno do investimento para a implantação dos novos sistemas de iluminação. O cálculo do investimento deve ser dividido pelo valor economizado com a energia e a mão de obra. O número encontrado é dividido e o resultado é a quantidade de meses ou anos para retornar o valor investido.

Tabela 13: Total de ganho financeiro

	SISTEMAS			
	A	B	C	D
Demanda (R\$)	6.456,12	6.133,33	5.902,74	5.257,12
Consumo (R\$)	6.713,83	6.378,13	6.138,35	5.466,97
Mão de obra (R\$)	673,53	1.291,13	1.558,37	1.329,29
Total (R\$)	13.843,48	13.802,59	13.599,46	12.053,38

No Quadro 12 é apresentado na primeira coluna, o total do investimento necessário para troca do sistema com os fornecedores selecionados anteriormente. Na coluna seguinte é demonstrado o ganho por mês gerado com a economia de energia, somados ao valor economizado com a manutenção do sistema. O valor do investimento e dividido pela economia gerada por mês achando o número de meses, com a economia do sistema, necessários para pagar o investimento (*payback*).

O valor apresentado deve ser avaliado quanto à escolha do equipamento de menor valor, ou qualquer outro. Antes de proceder à compra dos equipamentos para substituição do *retrofit* é necessário que os cálculos luminotécnicos, já efetuados anteriormente, no momento da seleção das luminárias, sejam refeitos com mais detalhes e todas as especificações técnicas conferidas com o fornecedor.

Sistemas	Empresas	Investimento (R\$)	Ganho financeiro p/mês (R\$)	Retorno Investimento
A	GE	261.372,80	13.843,48	18,88 meses
B	LG	197.760,00	13.802,59	14,33 meses
C	SYLVANIA	170.234,28	13.599,46	12,52 meses
D	LUMINCENTER	193.829,52	12.053,38	16,08 meses

Quadro 12: Retorno do investimento

6.2.12 Fluxograma do sistema de iluminação

A seguir é apresentado o fluxo resumo da proposta de metodologia de avaliação de um sistema existente utilizando a tecnologia tradicional de iluminação por tecnologia LED.

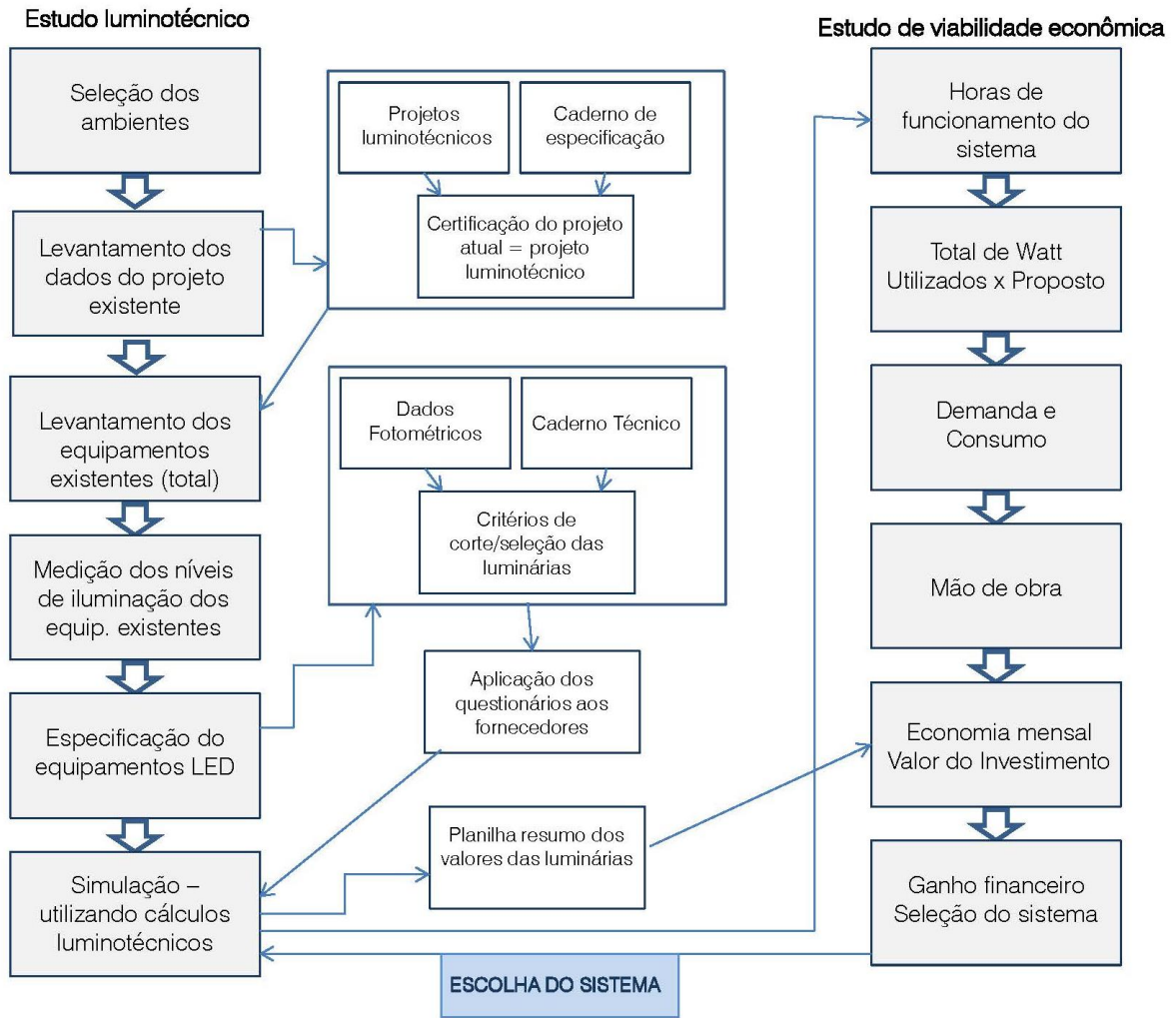


Figura 44: Fluxograma do sistema de iluminação

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da reflexão sobre os sistemas de iluminação artificial em edificações comerciais, esta pesquisa dedicou-se à análise do *retrofit* de iluminação em *shopping centers*, discutindo diferentes dimensões da substituição de tecnologias convencionais pela tecnologia LED nesses ambientes.

No Brasil, a oferta de uma grande variedade de lâmpadas LEDs no mercado (com diferentes eficiências luminosas, características luminotécnicas e elétricas) e a inexistência de norma ou recomendação específica para uso desses dispositivos corroboram a necessidade de tal análise, somando-se aos aspectos que problematizam o *retrofit* de lâmpadas convencionais por LEDs.

De fato, grande parte dos sistemas de iluminação artificial ainda em uso efetivamente apresenta aspectos negativos, em especial no que concerne ao potencial de dispêndio de energia elétrica e de alto consumo energético, enquadramento que confronta com variáveis consideradas imprescindíveis aos sistemas contemporâneos de iluminação, tais como durabilidade de equipamentos, eficiência luminosa, economia e sustentabilidade. Assim, a escolha de fontes de luz que atendam a essas variáveis e que ao mesmo tempo proporcionem níveis satisfatórios de conforto lumínico é imperiosa.

Diante da problematização apresentada, duas hipóteses embasaram o estudo: 1) de que o *retrofit* de sistemas de iluminação constitui uma iniciativa que envolve diferentes tecnologias cujas particularidades necessariamente devem ser consideradas – daí porque esse procedimento não deve ser tomado como a mera substituição de lâmpadas; e 2) de que, em geral, as avaliações sobre a substituição de lâmpadas convencionais por LEDs carecem de maior consistência dada a dificuldade de estabelecer analogias entre tecnologias de natureza distinta.

A tecnologia LED surgiu em resposta à necessidade de eficiência energética com menor consumo de energia elétrica nos sistemas de iluminação artificial. E tem se mostrado uma alternativa de aplicação consistente em termos de sustentabilidade na comparação com os sistemas que utilizam lâmpadas convencionais, sobretudo em aplicações residenciais e comerciais. A pesquisa analisou esta tecnologia, destacando benefícios e fatores limitadores de uso, avaliou o uso dos dispositivos LED no ambiente comercial, onde o nível de exigência de iluminação é diferenciado

devido a atividades e tarefas cotidianas específicas, e apresentou três estudos que avaliaram o seu emprego em ambientes de *shopping*.

O objetivo geral foi sistematizar conhecimentos sobre diferentes tecnologias de iluminação artificial. Especificamente, pretendeu-se: comparar tecnologias tradicionais de iluminação artificial com a tecnologia LED; refletir sobre o *retrofit* de lâmpadas convencionais por LEDs, apontando as principais motivações para tanto; analisar o emprego de LEDs em *shopping centers*; apresentar uma metodologia de uso de LEDs no contexto de três *shoppings*, aferindo seus resultados; validar o modelo metodológico proposto, discutindo adequação e possibilidade de replicação em outras unidades similares de análise; e contribuir para a elaboração de novos estudos sobre substituição de tecnologias convencionais pela tecnologia a LED, tendo em conta durabilidade, eficiência luminosa, economia e sustentabilidade.

8 CONCLUSÕES

Conclui-se ser necessário ponderar sobre a aplicação exclusiva de LEDs em ambientes construídos, bem como ser necessário usar esses dispositivos de forma tecnicamente correta, previamente procedendo a cálculos e medições.

Na substituição de um sistema de iluminação existente, é necessário verificar o cálculo efetuado no sistema instalado considerando o projeto inicial que utiliza 100% da iluminação. Ainda nesta etapa, é preciso conferir e medir a iluminância encontrada no local para verificar a perda do sistema com o tempo e a depreciação da iluminação em relação aos 100% iniciais. O sistema de *retrofit* proposto deve atender aos 100% iniciais ou ao sistema atual com as perdas de utilização. Deve seguir as normas existentes, respeitar os conceitos utilizados na arquitetura do ambiente e ser mais eficiente do que o anterior, buscando a iluminação correta com menos gasto de energia.

Os cálculos devem ser verificados e experimentados com vários equipamentos e diferentes fornecedores para atender aos índices e normas indicados para a escolha do melhor produto na substituição do anterior. Nesse processo, é necessário guardar o histórico e a memória de cálculo em planilhas comparativas para posterior utilização no cálculo financeiro do investimento.

Recomenda-se que o caderno de especificações se torne um documento obrigatório para qualquer projeto de iluminação, uma vez que informa as características da fonte de luz utilizada (composição dos equipamentos, tamanho, corpo físico, ângulos, candelas, lúmens, temperatura de cor e índice de reprodução de cor), permitindo assim uma análise correta do sistema existente e sua substituição pela tecnologia LED. As características técnicas das luminárias existentes descritas neste caderno e a memória de cálculo serão utilizadas na pesquisa de equipamentos de LED possibilitando a comparação de sistemas para substituir o atual.

Constatou-se que a etapa de seleção e especificação dos equipamentos para substituir o projeto de iluminação existente caracterizou-se como a fase mais demorada devido à dificuldade de atender aos mesmos requisitos utilizados com novos equipamentos que apresentassem as mesmas conformidades aplicadas ao sistema instalado e ainda as características técnicas descritas nos catálogos dos fabricantes de LED com semelhanças as luminárias existentes e descritas no

caderno de equipamentos. As luminárias selecionadas devem atender às medições e cálculos do sistema anterior e ainda apresentar uma economia de energia. Para tanto, cada luminária escolhida necessita de simulações e cálculos nos *softwares* com DIALux e Relux que comprovem a iluminação desejada e substituam o sistema com eficiência.

A metodologia empregada destacou a importância de cálculos e simulações nos sistemas de iluminação para atender a índices mínimos necessários, considerando iluminação correta, qualidade, quantidade e uniformidade na distribuição das fontes de luz. Não menos importante a utilização de *softwares* para comprovar a informação técnica fornecida pelos fabricantes nas fontes de luz e luminárias que utilizam a tecnologia LED.

Destaca-se que, devido à ausência de normas, os fabricantes de equipamentos devem efetuar práticas de controle de eficiência com qualidade no processo de trabalho em seus produtos, tais como: eficácia (lúmens por Watt), potência medida (Watt), temperatura de cor correlacionada (CCT), índice de reprodução de cor (IRC) e fator de potência.

Nas planilhas de viabilidade econômica, os equipamentos selecionados (quatro ou cinco) devem ser submetidos a todas as etapas, sendo organizadas em tabelas auxiliares, como potência do equipamento e do equipamento auxiliar, total de Watts, consumo em Kilowatts utilizado no sistema, hora de funcionamento do sistema por dia e por ano.

No funcionamento do sistema deve-se considerar as diferentes tarifas utilizadas para o cálculo do consumo de energia, tanto para tarifas aplicadas em diferentes regiões do Brasil como também valores diferenciados por hora de utilização (demanda na ponta, demanda fora de ponta, consumo na ponta e fora de ponta).

Todos os gastos devem ser contabilizados: com energia, manutenção do sistema e reposição de equipamentos. Custos operacionais com material e mão de obra para o funcionamento do sistema devem apresentar economia na reposição das luminárias e na hora utilizada para manutenção dos sistemas de iluminação tendo em vista a maior duração dos equipamentos aplicados no *retrofit* (cerca de 50.000/h).

Após os cálculos de economia gerados nos novos sistemas e a seleção dos equipamentos para simulação dos cálculos luminotécnicos, a escolha do melhor

sistema deve considerar não só o valor do investimento, que às vezes pode ser mais baixo na reposição dos equipamentos, mas também o consumo da energia (Watt). Características técnicas como durabilidade e índice de reprodução de cor devem ser analisadas para a definição do equipamento, que pode apresentar maior valor. É dizer, o investimento pode ser mais elevado no início, porém apresentará maior economia ao longo da vida útil.

Há outros fatores a serem considerados na implementação de um *retrofit* de iluminação. No caso do estacionamento do *shopping* localizado em Belém, por exemplo, a substituição do sistema, apesar de ter um *payback* de 10 anos, pode ser considerada a melhor opção tendo em conta que o LED tem acendimento imediato, que no local a queda no fornecimento de energia é frequente e que o sistema atual (a lâmpadas de vapor metálico) necessita de maior tempo de acendimento, motivo pelo qual há risco na segurança dos clientes.

Espera-se que os achados da metodologia proposta possam contribuir com outros estudos acadêmicos da área, viabilizando a continuidade das pesquisas e a ampliação do conhecimento já sistematizado, bem como com os conhecimentos de profissionais atuantes no setor luminotécnico.

REFERÊNCIAS

- ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 5382. *Verificação de Iluminância de Interiores*. São Paulo, 1985.
- ABRASCE, Associação Brasileira de Shopping Centers. *Números do Setor*. Disponível em: <http://www.portaldoshopping.com.br> Acesso em outubro de 2014.
- BARBOSA, Alessandra da Costa. A Evolução dos LEDs. *Revista Lume Arquitetura*, edição 63, São Paulo, agosto/setembro de 2013.
- BASTOS, Felipe Carlos. *Análise da Política de Banimento de Lâmpadas Incandescentes do Mercado Brasileiro*. 2011. 130 f. Dissertação (Mestrado em Planejamento Energético) – Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia (COPPE), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.
- BLEY, Francis Bergmann. LEDs versus lâmpadas convencionais: viabilizando a troca. *Revista IPOG Especialize*, n. 3, pp. 01-24, Goiânia, maio de 2012.
- BONA, José de. *Estudo de Diferentes Tecnologias, Métodos e Processos para Eficientização Energética de Sistemas de Iluminação de Aviários*. 2010. 88 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento de Tecnologia) – Instituto de Engenharia do Paraná, Curitiba, 2010.
- BOULEVARD SÃO GONÇALO. Disponível em: <http://www.boulevardsaogoncalo.com.br/> Acesso em outubro de 2014.
- BOUTS, Daniel Delgado. Introdução ao mercado de equipamentos de iluminação no Brasil. In: VASCONCELLOS, Luiz Eduardo Menandro de; LIMBERGER, Marcos Alexandre Couto (orgs.). *Iluminação Eficiente: iniciativas da Eletrobras Procel e Parceiros*. Rio de Janeiro: Eletrobras/Procel, 2013.
- BRAGA, Newton C. Problemas no uso dos LEDs. *Revista Saber Eletrônica*, São Paulo, fevereiro de 2008.
- BURINI JUNIOR, Elvo Calixto; SANTOS, Emerson Roberto. Nanoeletrônica: dispositivos eletroluminescentes para iluminação artificial. *Revista Lumière Electric*, vol. 15, n. 182, pp. 62-70, junho de 2013.
- CARVALHO, Madalena Grimaldi de. *A Difusão e a Integração dos Shopping Centers na Cidade: as particularidades do Rio de Janeiro*. 2005. 333 f. Tese (Doutorado em Planejamento Urbano e Regional) – Programa de Pós-Graduação em Planejamento Urbano e Regional, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.
- CAVALLO, Cláudia. Peter Gasper: criatividade de brasileiro, exigência de alemão. *Revista Lume Arquitetura*, n. 7, pp. 06-13, São Paulo, abril/maio de 2004.
- COSTA, Gilberto José Corrêa da. *Iluminação Econômica: cálculo e avaliação*. Coleção Engenharia 5. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2006.

COSTA, Gilberto José Corrêa da et al. Panorama e conceitos sobre iluminação residencial, comercial e pública. In: VASCONCELLOS, Luiz Eduardo Menandro de; LIMBERGER, Marcos Alexandre Couto (orgs.). *Iluminação Eficiente: iniciativas da Eletrobras Procel e Parceiros*. Rio de Janeiro: Eletrobras/Procel, 2013.

CRICCI, Alexandre; TEIXEIRA, Rubens Rosado Guimarães. Tecnologias utilizadas na iluminação residencial e comercial. In: VASCONCELLOS, Luiz Eduardo Menandro de; LIMBERGER, Marcos Alexandre Couto (orgs.). *Iluminação Eficiente: iniciativas da Eletrobras Procel e Parceiros*. Rio de Janeiro: Eletrobras/Procel, 2013.

DIAS, Rangel da Silva; COELHO, Carlos Ramiro Macedo Coelho. Aplicação de lâmpadas a LED em um projeto de iluminação de um galpão industrial. *Revista de Controle e Automação*, pp. 01-07, Belém, IESAM, 2011.

FERNANDES, Rúben Filipe de Carvalho. *Eficiência Energética de Edifícios versus Qualidade de Iluminação*. 2008. 128 f. Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores Major Energia) – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2008.

FIGUEIREDO, Talita Gaspar Corral Calixto. Iluminação de lojas de shopping centers – o uso de lâmpadas vapores metálicos aliando estética com eficiência energética. *Revista IPOG Especialize*, n. 5, vol. 1, pp. 01-23, Goiânia, julho de 2013.

FLEURY, Afonso. Capacitação Tecnológica e Processo de Trabalho. *RAE, Revista de Administração de Empresas*, vol. 30, n. 4, pp. 23-3-, São Paulo, outubro/dezembro de 1990.

FONSECA, Suzana Damico. *Contribuições para uma Metodologia de Avaliação da Eficiência Energética em Iluminação de Salas de Aula*. 2009. 161 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

FREITAS, Luciana. A Era dos LEDs. *Revista Lumière*, n. 143, pp. 72-79, São Paulo, março de 2010.

_____. LampLEDs: de tendência à realidade. *Revista Lumière*, n. 160, pp. 46-51, São Paulo, agosto de 2011.

GARDE, Gabriel Prado. Sistema de Iluminação LED: conceito, histórico & perspectivas. *Anais... XIX Congresso Brasileiro de Floricultura e Plantas Ornamentais & VI Congresso Brasileiro de Cultura de Tecido de Plantas*. Recife, 21 a 25 de outubro de 2013.

GARREFA, Fernando. Open-air mall: rumo a uma nova urbanidade ou a manutenção do ciclo de vida do produto? *Anais... I Encontro Nacional da Associação Nacional de Pesquisa e Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo – ENAMPARQ*. Rio de Janeiro, 29 de novembro a 03 de dezembro de 2010.

GE, General Electric. *Estimador de Impacto de iluminação geral*. Disponível em: http://www.gelighting.com/LightingWeb/br/resources/tools/energy-and-environmental-impact-estimator/general_form.jsp Acesso em outubro de 2014.

_____. *Catálogo: 10 perguntas que devemos fazer ao provedor de LED*. São Paulo, 2010.

GHISI, Enedir; LAMBERTS, Robert. Desenvolvimento de uma metodologia para retrofit em sistemas de iluminação. *Revista Lumière*, pp. 64-70, São Paulo, março de 2008.

GODOY, Plínio. Shopping: iluminação criteriosa e eficiente. *AECweb Revista Digital*. Novembro de 2010. Disponível em: http://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/shopping-iluminacao-criteriosa-e-eficiente_3276_0_1 Acesso em outubro de 2014.

GOIS, Alexandre. *LEDs na Iluminação Arquitetural*. Rio de Janeiro: Lighting Now, 2008.

GOULART, Solange. *Sustentabilidade nas Edificações e no Espaço Urbano*. Apostila da Disciplina Desempenho Térmico de Edificações. Florianópolis: Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (Labeee), UFSC, 2012.

GREGGIANIN, Calisto Antônio et al. Estudo comparativo entre lâmpadas: incandescentes, fluorescentes compactas e LED. *Revista Espaço Energia*, edição 18, pp. 19-27, Curitiba, abril 2013.

GUIMARÃES, Deocleciano Torrieri (org). *Dicionário Compacto Jurídico*. São Paulo: Rideel, 2012.

ICSC, *International Council of Shopping Centers*. *Shopping Centers Definition*. Disponível em: <http://www.icsc.org/research/references/c-shopping-center-definitions> Acesso em outubro de 2014.

IESNA, Illuminating Engineering Society of North America. *The IESNA Lighting Handbook: reference & application. 10th Edition*. IES, Illuminating Engineering Society of North America, 2010.

KALACHE, Nadya et al. Análise comparativa de sistemas de iluminação – viabilidade econômica da aplicação de LED. *Anais... XXXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção*, ENEGEP. Salvador, 08 a 11 de outubro de 2013.

KAWASAKI, Juliana Iwashita. As novas normas brasileiras para Leds. *Revista O Setor Elétrico*, edição 80, São Paulo, setembro de 2012a.

_____. Lâmpadas de indução magnética: vantagens e desvantagens. *Revista O Setor Elétrico*, edição 73, São Paulo, fevereiro de 2012b.

_____. Precauções no retrofit com LEDs. *Revista O Setor Elétrico*, edição 65, pp. 122-123, São Paulo, junho de 2011.

LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando O.R. *Eficiência Energética na Arquitetura*. São Paulo: PW, 2005.

LATREILLE, Ângela. Iluminação em lojas de roupas femininas. *Revista Lume Arquitetura*, vol. 49, pp. 48-56, São Paulo, 2011.

LIGHTING NOW. *Luminotécnica Básica*. Agosto de 2013. Disponível em: <http://www.lightingnow.com.br/#> Acesso em novembro de 2014.

LIMA, Anderson L. de et al. O uso de LEDs em semáforos de trânsito: um estudo da viabilidade técnico-econômica. *Revista Energia Alternativa*, Ano 1, n. 3, pp. 42-51, São Paulo, 2009.

LIMA, Sérgio Ferraz de. Introdução ao conceito de sustentabilidade: aplicabilidade e limites. *Cadernos da Escola de Negócios da UniBrasil*, vol. 4, n. 4, pp. 20-24, Curitiba, janeiro/dezembro de 2006.

LIMA, Wanderson Marcello Moreira de. Aluguel em shopping centers: abusos e ilegalidades. *Revista Síntese – Direito Civil e Processual Civil*, n. 17, pp. 108-121, São Paulo, maio/junho de 2002.

OISEAU, Catherine. Les grands magasins. *Ceux Du Mercure*. 03/05/2013. Disponível em: <http://catherine-loiseau.fr/ceux-du-mercure/ressource/les-grands-magasins> Acesso em outubro de 2014.

LOPES, Leonardo Barbosa. *Uma Avaliação da Tecnologia LED na Iluminação Pública*. 2014. 81 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica) – Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

LOPES, Marcus. Que Haja Luz! Projetos arquitetônicos sustentáveis estabelecem harmonia entre luz natural e conforto térmico para os shopping centers. *Revista Shopping Centers*, n. 167, pp. 28-34, São Paulo, Abrasce, março de 2012.

LUMICENTER. Catálogo Lumidec. *Luminária EF 42-E*. Disponível em: <http://www.lumicenteriluminacao.com.br/lumidec.php/en/catalogo/produto/584.html> Acesso em novembro de 2014.

MASCARÓ, Lucia. Iluminação e Arquitetura: sua evolução através do tempo. *Revista Arquitectos Vitruvius*, Ano 6, n. 06308, pp. 01-07, São Paulo, setembro de 2005.

MEDEIROS, Heloisa. Etiquetagem energética classifica edificações. *Revista Finestra*, n. 56, São Paulo, março de 2009.

MINIPA. *Luxímetro MLM-1011*. Disponível em: <http://www.minipa.com.br/5/20/156-Minipa-Luxímetros-MLM-1011> Acesso em novembro de 2014.

MOTTA, Silvio R.F.; AGUILAR, Maria Teresa P. Sustentabilidade e processos de projetos de edificações. *Revista Gestão & Tecnologia de Projetos*, vol. 4, n. 1, pp. 84-119, São Paulo, maio de 2009.

MOURA, Mariangela de; GONÇALVES, Aldo Carlos de Moura; MOTTA, Ana Lúcia Torres Seroa da. Iluminação de escritórios: apresentação de projeto de iluminação para o IBGE e discussão sobre o uso de LEDs. *Cadernos Proarq*, n. 18, pp. 118-135, Rio de Janeiro, julho de 2012.

NEVES, Eurico G. de Castro; MÜNCHOW, Rubi. *Eletrotécnica*. Vol. 1. Pelotas: Universidade Federal de Pelotas, 2010.

NOGUEIRA, Fernando José et al. Influência da temperatura no desempenho de luminárias LED. *Anais... 10th International Conference on Industry Applications, INDUSCON*. Fortaleza, 05 a 07 de novembro de 2012.

NOVOA, Laura Martinez de; TOMIOKA, Jorge. Estudo da estrutura do White Light Emitting Diode – White LED. *Anais... II Simpósio de Iniciação Científica da Universidade Federal do ABC*. Santo André, 23 a 27 de novembro de 2009.

NOYA, Mauricio et al. *Eficiência Energética em Prédio Público*. Resumo aprovado no 6º Congresso Luso-Brasileiro para o Planeamento Urbano Regional, Integrado e Sustentável, Pluris¹⁴. Lisboa, 24 a 26 de setembro de 2014.

OSRAM. *Consultor de Iluminação*. Disponível em: http://www.osram.com.br/osram_br/ferramentas-e-servicos/ferramentas/consultor-de-iluminacao-da-osram/index.jsp Acesso em outubro de 2014.

PARQUE SHOPPING BELÉM. Disponível em: <http://www.parqueshoppingbelem.com.br/> Acesso em outubro de 2014.

PESSOA, João Lourenço Novaes; GHISI, Edenir. *Nota Técnica referente à eficiência luminosa de produtos LED encontrados no mercado brasileiro*. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Brasileiro de Eficiência Energética em Edificações, dezembro de 2013.

PHILIPS. *A Experiência marcante que o seu cliente procura*. São Paulo: SPOT – Serviço Philips de Orientação Técnica, setembro de 2009.

PINTO, Daniel Zaroni. *Aplicação de LEDs de Luminescência Branca para Iluminação*. 2013. 93 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Materiais da Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2013.

PINTO, Rafael Adaime. *Projeto e Implementação de Lâmpadas para Iluminação de Interiores Empregando Diodos Emissores de Luz (LEDS)*. 2008. 138 f. Dissertação (Mestrado Engenharia Elétrica) – Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.

PREFEITURA DE SÃO GONÇALO. *Cidade*. Disponível em: http://www.saogoncalo.rj.gov.br/sao_goncalo.php Acesso em outubro de 2014.

RAUTEMBERG, Alexandre. *LEDs na Iluminação: onde, quando, como e por que?* Rio de Janeiro: Lightingnow, outubro de 2014.

RIBEIRO, Tiago Samuel de Almeida Pereira. *Luminotécnica: métodos de avaliação*. 2010. 104 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores) – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2010.

RIBEIRO, Ana Cristina Cota et al. O Emprego da tecnologia LED na iluminação pública. *Revista E-Xacta*, vol. 5, n. 1, pp. 111-132, Belo Horizonte, 2012.

ROESCH, Sylvia Maria de Azevedo. *Projetos de Estágio e de Pesquisa em Administração*: guia para estágios, trabalhos de conclusão, dissertações e estudos de caso. São Paulo: Atlas, 2005.

ROLAND PARK. *Then and Now*. 17/07/2010. Disponível em: <http://www.rolandpark.org/index.html> Acesso em outubro de 2014.

SÁ JUNIOR, Edilson Mineiro. *Estudo de Estruturas de Reatores Eletrônicos para LEDs de Iluminação*. 2010. 199 f. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

SERBENA, Henrique José. *Plataforma de Luminária LED para Habitação de Interesse Social*. 2013. 203 f. Dissertação (Mestrado em Design do Setor de Artes Comunicação e Design) – Programa de Pós-Graduação em Design da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

SHOPPING LEBLON. Disponível em: <http://www.shoppingleblon.com.br/> Acesso em outubro de 2014.

SIMANTOB, Moyses e LIPPI, Roberta. *Guia Valor Econômico de Inovação nas Empresas*. São Paulo: Globo, 2003.

SOUZA, Dennis Flores de. DIALux: uma ferramenta em constante evolução. *Revista Lume Arquitetura*, vol. 49, pp. 38-46, São Paulo, abril de 2011.

SOUZA, Ellen Priscila Nunes de. *Iluminação nas Áreas de Hall e Circulação de Shopping Center: Maceió Shopping*, um estudo de caso. 2010. 135 f. Dissertação (Mestrado em Dinâmicas do Espaço Habitado – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2013.

TACHIZAWA, Elio Takeshy; MENDES, Gildásio. *Como Fazer Monografia na Prática*. Rio de Janeiro: FGV, 2008.

VALENTIM, Alexandre Adib; FERREIRA, Hélder Saldanha; COLETTO, Matheus Andre. Lâmpadas de LED: impacto no consumo e fator de potência. *Revista Ciências do Ambiente*, vol. 6, n. 1, pp. 29-33, Campinas, junho de 2010.

VERGARA, Sylvia Constant. *Projetos e Relatórios de Pesquisa em Administração*. São Paulo: Atlas, 2010.

VIEIRA, Agostinho. Lâmpadas incandescentes serão retiradas do mercado até 2016. *Economia Verde. Jornal O Globo*, 08 de janeiro de 2011.

ANEXOS

ANEXO - PARTE 1

Relatório dos cálculos de iluminação (substituição dos sistemas)

SHOPPING LEBLON**MALL**

1 – INSTALAÇÃO EXISTENTE X SIST. EFIC. ILUMIN. (GE) X SIST. EFIC. ILUMIN. (LG) X SIST. EFIC. ILUMIN. (SYLVANIA)

1a) Horas de Funcionamento da Instalação:

	EXISTENTE	SIST EFIC. (GE)	SIST EFIC. (LG)	SIST EFIC. (SYLVANIA)
Horas / dia:	17	17	17	17
Horas / mês:	510	510	510	510
Horas / ano:	6120	6120	6120	6120

1b) Lâmpadas:

Existente: Vapor Metálico 70W

Sistema Eficiente (GE): LED M2000 30W

Sistema Eficiente (LG): LED DOWNLIGHT 37W

Sistema Eficiente (SYLVANIA): LED DOWNLIGHT 42W

	EXISTENTE	SIST EFIC.(GE)	SIST EFIC.(LG)	SIST EFIC.(SYLVANIA)
Total Lâmps. VMT	846			
Watt / Lâmp.:	70			
Total LEDs DOWNLIGHT		846	846	846
Watt / Lâmp.:		30	37	42
Total Watts.:	59220	25380	31302	35532

1c) Equipamentos Auxiliares:

Existente: Reatores 1x70W

Sistema Eficiente (GE):

Sistema Eficiente (LG):

Sistema Eficiente (SYLVANIA):

	EXISTENTE	SIST EFIC.(GE)	SIST EFIC.(LG)	SIST EFIC.(SYLVANIA)
Total Reatores.1x70W	846			
Watt / Reator.:	14			
Total Watts.:	11844	0	0	0

1d) Consumo Total em Kilowatts em relação a Iluminação:

	EXISTENTE	SIST EFIC.(GE)	SIST EFIC.(LG)	SIST EFIC.(SYLVANIA)
Total Watts.:	71.064	25.380	31.302	35.532
Total kW:	71,064	25,38	31,302	35,532
Economia %:		64,29%	55,95%	50,00%

2) Redução do Consumo de energia:

2a) Energia usada por ano: (kWh)

	EXISTENTE	SIST EFIC.(GE)	SIST EFIC.(LG)	SIST EFIC.(SYLVANIA)
(kW) x (Horas de Funcionamento da Iluminação por ano)	71,064 kW x 6120 h	25,38 kW x 6120 h	31,302 Kw x 6120 h	35,532 Kw x 6120 h
	434911,68	155325,60	191568,24	217455,84

2b.1) Redução de energia por ano devido ao Sistema de Iluminação Eficiente

GE:

$$434.911,68 \text{ kWh} - 155.325,60 \text{ kWh} = 279.586,08 \text{ kWh}$$

2b.2) Redução de energia por ano devido ao Sistema de Iluminação Eficiente

LG:

$$434.911,68 \text{ kWh} - 191.568,24 \text{ kWh} = 243.343,44 \text{ kWh}$$

2b.3) Redução de energia por ano devido ao Sistema de Iluminação Eficiente

SILVANIA:

$$434.911,68 \text{ kWh} - 217.455,84 \text{ kWh} = 217.455,84 \text{ kWh}$$

2c) Ganho Financeiro mensal, considerando a redução de Consumo de Energia elétrica:

Tarifa contratada com a Concessionária de Energia Elétrica: (A4 – Azul)

Demanda na Ponta (R\$/kW) = 59,95

Demanda Fora da Ponta (R\$/kW) = 20,77

Consumo na Ponta (R\$/kW) = 0,34

Consumo Fora da Ponta (R\$/kW) = 0,196

2c.1) Ganho na Demanda por mês:**2c.1.1) Sistema de Iluminação Eficiente GE:****Horário de Ponta:**

71,064 kW – 25,38 kW = 45,684 kW

45,684 kW x (R\$/kW) 59,95 = R\$ 2.738,76

Horário Fora de Ponta:

45,684 kW x (R\$/kW) 20,77 = R\$ 948,86

Total de Ganho financeiro na Demanda (Sistema GE) = R\$ 3.687,62

2c.1.2) Sistema de Iluminação Eficiente LG:**Horário de Ponta:**

71,064 kW – 31,302 kW = 39,762 kW

39,762 kW x (R\$/kW) 59,95 = R\$ 2.383,73

Horário Fora de Ponta:

39,762 kW x (R\$/kW) 20,77 = R\$ 825,86

Total de Ganho financeiro na Demanda (Sistema LG) = R\$ 3.209,59

2c.1.3) Sistema de Iluminação Eficiente SYLVANIA:

Horário de Ponta:

$$71,064 \text{ kW} - 35,532 \text{ kW} = 35,532 \text{ kW}$$

$$35,532 \text{ kW} \times (\text{R\$/kW}) 59,95 = \text{R\$ } 2.130,14$$

Horário Fora de Ponta:

$$35,532 \text{ kW} \times (\text{R\$/kW}) 20,77 = \text{R\$ } 738,00$$

Total de Ganho financeiro na Demanda (Sistema SYLVANIA) = R\$ 2.868,14

2c.2) Ganho no Consumo por mês:

2c.2.1) Sistema de Iluminação Eficiente GE:

$$\left. \begin{array}{l} 71,064 \text{ kW} \times 510 \text{ h} = 36.242,64 \text{ kWh} \\ 25,38 \text{ kW} \times 510 \text{ h} = 12.943,80 \text{ kWh} \end{array} \right\} 23.298,84 \text{ kWh}$$

Consumo na Ponta: 3h/dia (SEG à SEX) = 69h/mês = 13,53%

$$23.298,84 \text{ kWh} \times (\text{R\$/kW}) 0,34 = \text{R\$ } 7.921,60$$

$$\text{R\$ } 7.921,60 \times 13,53\% = \text{R\$ } 1.071,79$$

Consumo Fora da Ponta: 14h/dia = 441h/mês

$$\left. \begin{array}{l} 71,064 \text{ kW} \times 441 \text{ h} = 31.339,22 \text{ kWh} \\ 25,38 \text{ kW} \times 441 \text{ h} = 11.192,58 \text{ kWh} \end{array} \right\} 20.146,64 \text{ kWh}$$

$$20.146,64 \text{ kWh} \times (\text{R\$/kW}) 0,196 = \text{R\$ } 3.948,74$$

Total de Ganho financeiro no Consumo (Sistema GE)= R\$ 5.020,53

2c.2.2) Sistema de Iluminação Eficiente LG:

$$\left. \begin{array}{l} 71,064 \text{ kW} \times 510 \text{ h} = 36.242,64 \text{ kWh} \\ 31,302 \text{ kW} \times 510 \text{ h} = 15.964,02 \text{ kWh} \end{array} \right\} 20.278,62 \text{ kWh}$$

Consumo na Ponta: 3h/dia (SEG à SEX) = 69h/mês = 13,53%

$$20.278,62 \text{ kWh} \times (\text{R\$/kW}) 0,34 = \text{R\$ } 6.894,73$$

$$\text{R\$ } 6.894,73 \times 13,53\% = \text{R\$ } 932,86$$

Consumo Fora da Ponta: 14h/dia = 441h/mês

$$\left. \begin{array}{l} 71,064 \text{ kW} \times 441 \text{ h} = 31.339,22 \text{ kWh} \\ 31,302 \text{ kW} \times 441 \text{ h} = 13.804,18 \text{ kWh} \end{array} \right\} 17.535,04 \text{ kWh}$$

$$17.535,04 \text{ kWh} \times (\text{R\$/kW}) 0,196 = \text{R\$ } 3.436,87$$

Total de Ganho financeiro no Consumo (Sistema LG)= R\$ 4.369,73

2c.2.3) Sistema de Iluminação Eficiente SYLVANIA:

$$\left. \begin{array}{l} 71,064 \text{ kW} \times 510 \text{ h} = 36.242,64 \text{ kWh} \\ 35,532 \text{ kW} \times 510 \text{ h} = 18.121,32 \text{ kWh} \end{array} \right\} 18.121,32 \text{ kWh}$$

Consumo na Ponta: 3h/dia (SEG à SEX) = 69h/mês = 13,53%

$$18.121,32 \text{ kWh} \times (\text{R\$/kW}) 0,34 = \text{R\$ } 6.161,25$$

$$\text{R\$ } 6.161,25 \times 13,53\% = \text{R\$ } 833,62$$

Consumo Fora da Ponta: 14h/dia = 441h/mês

$$\left. \begin{array}{l} 71,064 \text{ kW} \times 441 \text{ h} = 31.339,22 \text{ kWh} \\ 35,532 \text{ kW} \times 441 \text{ h} = 15.669,61 \text{ kWh} \end{array} \right\} 15.669,61 \text{ kWh}$$

$$16.669,61 \text{ kWh} \times (\text{R\$/kW}) 0,196 = \text{R\$ } 3.071,24$$

Total de Ganho financeiro no Consumo (Sistema SYLVANIA)= R\$ 3.904,86

2c.3) Redução financeira mensal, considerando Demanda e Consumo:

	SIST EFIC.(GE)	SIST EFIC.(LG)	SIST EFIC.(SYLVANIA)
Demanda (R\$)	3.687,62	3.209,59	2.868,14
Consumo (R\$)	5.020,53	4.369,73	3.904,86
Total (R\$)	8.708,15	7.579,32	6.773,00

3) Economia considerando a redução do custo operacional com reposição de lâmpadas, reatores e redução de mão de obra:

Valor do Homem Hora = R\$ 5,22

3a) Sistema Existente:

Lâmpada Vapor Metálico 70W – vida mediana **15.000 h**

Custo unitário ----- R\$ 114,50

Horas de funcionamento da instalação por ano – 6.120 h

Instalação tem **846** Lâmpadas Vapor Metálico 70W.

Trocaremos Lâmpadas Vapor Metálico 70W em:

15.000 h / 6.120 h = 2,45Anos (2 Anos e 5 Meses).

Troca-se 29 Lâmpadas por mês

5 minutos p/ troca de uma Lâmpada Fluorescente = 29 x R\$ 0,44 = R\$ 12,76
Lâmpadas substituídas por mês = 29 x R\$ 114,50 = R\$ 3.320,50

Reator Eletromagnético 1x70W, Alto Fator de Potência – vida mediana 20.000 h

Custo unitário ----- R\$ 35,90

Horas de funcionamento da instalação por ano – 6.120 h

Instalação tem 846 Reatores Eletromagnéticos 1x70W

Trocaremos Reatores em:

20.000 h / 6.120 h = 3,27 Anos (3 Anos e 3 Meses)

Troca-se 22 Reatores por mês

15 minutos p/ troca de um Reator = 22 x R\$ 1,31 = R\$ 28,82
Reatores substituídos por mês = 22 x R\$ 35,90 = R\$ 789,80

3b) Sistema Eficiente (GE):

LED M2000 30W – vida mediana 50.000 h

Custo unitário ----- R\$ 634,40

Horas de funcionamento da instalação por ano – 6.120 h

Instalação terá 846 LEDs M2000 30W.

Trocaremos LEDs M2000 30W em:

50.000 h / 6.120 h = 8,17Anos (8 Anos e 2 Meses)

Troca-se 9 LEDs M2000 30W por mês

5 minutos p/ troca de um LED M2000 30W = 9 x R\$ 0,44 = R\$ 3,96
LED M2000 30W substituídas por mês = 9 x R\$ 634,40 = R\$ 5.709,60

Economia mensal considerando reposição de Material e mão de obra (Sistema Eficiente GE):

	EXISTENTE	SIST EFIC.(GE)
Lâmps. + Reatores (R\$)	4110,30	5.709,60
Mão de obra (R\$)	41,58	3,96
Total (R\$)	4151,88	5713,56
Economia (R\$)		-1561,68

3c) Sistema Eficiente (LG):

LED DOWNLIGHT 37W – vida mediana 50.000 h

Custo unitário ----- R\$ 480,00

Horas de funcionamento da instalação por ano – 6.120 h

Instalação terá 846 LEDs DOWNLIGHT 37W.

Trocaremos LEDs DOWNLIGHT 37W:

50.000 h / 6.120 h = 8,17Anos (8 Anos e 2 Meses)

Troca-se 9 LEDs DOWNLIGHT por mês

5 minutos p/ troca de um LED DOWNLIGHT = 9 x R\$ 0,44 = R\$ 3,96
LEDs DOWNLIGHT substituídos por mês = 9 x R\$ 480,00 = R\$ 4.320,00

Economia mensal considerando reposição de Material e mão de obra (Sistema Eficiente LG):

	EXISTENTE	SIST EFIC.(LG)
Lâmps. + Reatores (R\$)	4110,30	4.320,00
Mão de obra (R\$)	41,58	3,96
Total (R\$)	4151,88	4323,96
Economia (R\$)		-172,08

3c) Sistema Eficiente (SYLVANIA):

LED DOWNLIGHT 42W – vida mediana 50.000 h

Custo unitário ----- R\$

Horas de funcionamento da instalação por ano – 6.120 h

Instalação terá 846 LEDs DOWNLIGHT 42W.

Trocamos LEDs DOWNLIGHT 42W em:

50.000 h / 6.120 h = 8,17Anos (8 Anos e 2 Meses)

Troca-se 9 LEDs DOWNLIGHT por mês

5 minutos p/ troca de um LED DOWNLIGHT = 9 x R\$ 0,44 = R\$ 3,96

LEDs DOWNLIGHT substituídos por mês = 9 x R\$ 413,19 = R\$ 3.718,71

Economia mensal considerando reposição de Material e mão de obra (Sistema Eficiente SYLVANIA):

	EXISTENTE	SIST EFIC.(SYLVANIA)
Lâmps. + Reatores (R\$)	4110,30	3.718,71
Mão de obra (R\$)	41,58	3,96
Total (R\$)	4151,88	3722,67
Economia (R\$)		429,21

4) Retorno do Investimento Aplicado:

4a) Valor do Investimento (Sistema Eficiente GE):

SIST EFIC.(GE)	QTD	V. UNIT.	V. TOTAL
LED M2000 30W	846	634,40	536.702,40
Total			536.702,40

4b) Valor do Investimento (Sistema Eficiente LG):

SIST EFIC.(LG)	QTD	V. UNIT.	V. TOTAL
LED DOWNLIGHT 37W	846	480,00	406.080,00
Total			406.080,00

4c) Valor do Investimento (Sistema Eficiente SYLVANIA):

SIST EFIC.(SYLVANIA)	QTD	V. UNIT.	V. TOTAL
LED DOWNLIGHT 42W	846	413,19	349.558,74
Total			349.558,74

5) Total de Ganho Financeiro (Demanda, Consumo e Mão de obra de Manutenção):

	SIST EFIC.(GE)	SIST EFIC.(LG)	SIST EFIC.(SYLVANIA)
Demanda (R\$)	3.687,62	3.209,59	2.868,14
Consumo (R\$)	5.020,53	4.369,73	3.904,86
Mão de obra (R\$)	-1.561,88	-172,08	429,21
Total (R\$)	7.146,27	7.407,24	7.202,21

6) Retorno do Investimento (Pay Back)

6a) Retorno do Investimento (Sistema Eficiente GE)

Total do Investimento ÷ Total de Ganho Financeiro por mês :

$$\text{R\$ } 536.702,40 \quad \div \quad \text{R\$ } 7.146,27 \quad = \quad \boxed{75,10 \text{ meses}}$$

Aproximadamente 6,26 anos = 6 anos e 3 meses

6b) Retorno do Investimento (Sistema Eficiente LG)

Total do Investimento ÷ Total de Ganho Financeiro por mês :

$$\text{R\$ } 406.080,00 \quad \div \quad \text{R\$ } 7.407,24 \quad = \quad \boxed{54,82 \text{ meses}}$$

Aproximadamente 4,57 anos = 4 anos e 7 meses

6c) Retorno do Investimento (Sistema Eficiente SYLVANIA)

Total do Investimento ÷ Total de Ganho Financeiro por mês :

$$\text{R\$ } 349.558,74 \quad \div \quad \text{R\$ } 7.202,21 \quad = \quad \boxed{48,53 \text{ meses}}$$

Aproximadamente 4,04 anos = 4 anos

SHOPPING LEBLON

ESTACIONAMENTO e ÁREAS COMUNS

1 – INSTALAÇÃO EXISTENTE X SIST. EFIC. ILUMIN. (GE) X SIST. EFIC. ILUMIN. (LG) X SIST. EFIC. ILUMIN. (OSRAM)

1a) Horas de Funcionamento da Instalação:

	EXISTENTE	SIST EFIC. (GE)	SIST EFIC. (LG)	SIST EFIC. (OSRAM)
Horas / dia:	17	17	17	17
Horas / mês:	510	510	510	510
Horas / ano:	6120	6120	6120	6120

1b) Lâmpadas:

Existente: Fluorescente Tubular T8 32W e 16W

Sistema Eficiente (GE): Fluorescente Tubular T5 26W e 13W

Sistema Eficiente (LG): LED TUBE T8 18W e 13W

Sistema Eficiente (OSRAM): LED TUBE T8 26W e 13W

	EXISTENTE	SIST EFIC.(GE)	SIST EFIC.(LG)	SIST EFIC.(OSRAM)
Total Lâmps. T8 32W	1697			
Watt / Lâmp.:	32			
Total Lâmps. T8 16W	380			
Watt / Lâmp.:	16			
Total Lâmps. T5 26W		1332		
Watt / Lâmp.:		26		
Total Lâmps. T5 13W		380		
Watt / Lâmp.:		13		
Total LEDs. 1,20 mt			1332	1332
Watt / Lâmp.:			18	18
Total LEDs. 0,60 mt			380	380
Watt / Lâmp.:			9	9
Total Watts.:	60384	39572	27396	27396
Total Watts.:	60384	39572	27396	27396

1c) Equipamentos Auxiliares:

Existente: Reatores 2x32W; 1x32W e 2x16W

Sistema Eficiente (GE): Reatores 2x28W; 1x28W e 2x14W

Sistema Eficiente (LG): -----

Sistema Eficiente (OSRAM): -----

	EXISTENTE	SIST EFIC.(GE)	SIST EFIC.(LG)	SIST EFIC.(OSRAM)
Total Reatores.2x32W	485			
Watt / Reator.:	5			
Total Reatores.1x32W	737			
Watt / Reator.:	3			
Total Reatores.2x16W	190			
Watt / Reator.:	2			
Total Reatores.2x28W		110		
Watt / Reator.:		5		
Total Reatores.1x28W		1112		
Watt / Reator.:		3		
Total Reatores.2x14W		190		
Watt / Reator.:		3		
Total Watts.:	5016	4456	0	0
Total Watts.:	5016	4456	0	0

1d) Consumo Total em Kilowatts em relação a Iluminação:

	EXISTENTE	SIST EFIC.(GE)	SIST EFIC.(LG)	SIST EFIC.(OSRAM)
Total Watts.:	65.400	44.028	27.396	27.396
Total kW:	65,4	44,028	27,396	27,396
Economia %:		32,68%	58,11%	58,11%

2) Redução do Consumo de energia:**2a) Energia usada por ano: (kWh)**

	EXISTENTE	SIST EFIC.(GE)	SIST EFIC.(LG)	SIST EFIC.(OSRAM)
(kW) x (Horas de Funcionamento da Iluminação por ano)	65,4 kW x 6120 h	44,028 kW x 6120 h	27,396 Kw x 6120 h	27,396 Kw x 6120 h
	400248	269451,36	167664	167664

2b.1) Redução de energia por ano devido ao Sistema de Iluminação Eficiente GE:

$$400.248 \text{ kWh} - 269.451,56 \text{ kWh} = 130.796,44 \text{ kWh}$$

2b.2) Redução de energia por ano devido ao Sistema de Iluminação Eficiente LG:

$$400.248 \text{ kWh} - 167.664 \text{ kWh} = 232.584 \text{ kWh}$$

2b.3) Redução de energia por ano devido ao Sistema de Iluminação Eficiente OSRAM:

$$400.248 \text{ kWh} - 167.664 \text{ kWh} = 232.584 \text{ kWh}$$

2c) Ganho Financeiro mensal, considerando a redução de Consumo de Energia elétrica:

Tarifa contratada com a Concessionária de Energia Elétrica: (A4 – Azul)

$$\text{Demanda na Ponta (R\$/kW)} = 59,95$$

$$\text{Demanda Fora da Ponta (R\$/kW)} = 20,77$$

$$\text{Consumo na Ponta (R\$/kW)} = 0,34$$

$$\text{Consumo Fora da Ponta (R\$/kW)} = 0,196$$

2c.1) Ganho na Demanda por mês:

2c.1.1) Sistema de Iluminação Eficiente GE:

Horário de Ponta:

$$65,4 \text{ kW} - 44,028 \text{ kW} = 21,372 \text{ kW}$$

$$21,372 \text{ kW} \times (\text{R\$/kW}) 59,95 = \text{R\$ } 1.281,25$$

Horário Fora de Ponta:

$$21,372 \text{ kW} \times (\text{R\$/kW}) 20,77 = \text{R\$ } 443,90$$

Total de Ganho financeiro na Demanda (Sistema GE) = R\$ 1.725,15

2c.1.2) Sistema de Iluminação Eficiente LG:**Horário de Ponta:**

$$65,4 \text{ kW} - 27,396 \text{ kW} = 38,004 \text{ kW}$$

$$38,004 \text{ kW} \times (\text{R\$/kW}) 59,95 = \text{R\$ } 2.278,34$$

Horário Fora de Ponta:

$$38,004 \text{ kW} \times (\text{R\$/kW}) 20,77 = \text{R\$ } 789,34$$

Total de Ganho financeiro na Demanda (Sistema LG) = R\$ 3.067,68

2c.1.3) Sistema de Iluminação Eficiente OSRAM:**Horário de Ponta:**

$$65,4 \text{ kW} - 27,396 \text{ kW} = 38,004 \text{ kW}$$

$$38,004 \text{ kW} \times (\text{R\$/kW}) 59,95 = \text{R\$ } 2.278,34$$

Horário Fora de Ponta:

$$38,004 \text{ kW} \times (\text{R\$/kW}) 20,77 = \text{R\$ } 789,34$$

Total de Ganho financeiro na Demanda (Sistema OSRAM) = R\$ 3.067,68

2c.2) Ganho no Consumo por mês:**2c.2.1) Sistema de Iluminação Eficiente GE:**

$$\left. \begin{array}{l} 65,4 \text{ kW} \times 510 \text{ h} = 33.354 \text{ kWh} \\ 44,028 \text{ kW} \times 510 \text{ h} = 22.454,28 \text{ kWh} \end{array} \right\} 10.899,72 \text{ kWh}$$

Consumo na Ponta: 3h/dia (SEG à SEX) = 69h/mês = 13,53%

$$10.899,72 \text{ kWh} \times (\text{R\$/kW}) 0,34 = \text{R\$ } 3.705,90$$

$$\text{R\$ } 3.705,90 \times 13,53\% = \text{R\$ } 501,41$$

Consumo Fora da Ponta: 14h/dia = 441h/mês

$$\left. \begin{array}{l} 65,4 \text{ kW} \times 441 \text{ h} = 28.841,40 \text{ kWh} \\ 44,028 \text{ kW} \times 441 \text{ h} = 19.416,35 \text{ kWh} \end{array} \right\} 9.425,05 \text{ kWh}$$

$$9.425,05 \text{ kWh} \times (\text{R\$/kW}) 0,196 = \text{R\$ } 1.847,31$$

Total de Ganho financeiro no Consumo (Sistema GE)= R\$ 2.348,72

2c.2.2) Sistema de Iluminação Eficiente LG:

$$\left. \begin{array}{l} 65,4 \text{ kW} \times 510 \text{ h} = 33.354 \text{ kWh} \\ 27,396 \text{ kW} \times 510 \text{ h} = 13.971,96 \text{ kWh} \end{array} \right\} 19.382,04 \text{ kWh}$$

Consumo na Ponta: 3h/dia (SEG à SEX) = 69h/mês = 13,53%

$$19.382,04 \text{ kWh} \times (\text{R\$/kW}) 0,34 = \text{R\$ } 6.589,89$$

$$\text{R\$ } 6.589,89 \times 13,53\% = \text{R\$ } 891,61$$

Consumo Fora da Ponta: 14h/dia = 441h/mês

$$\left. \begin{array}{l} 65,4 \text{ kW} \times 441 \text{ h} = 28.841,40 \text{ kWh} \\ 27,396 \text{ kW} \times 441 \text{ h} = 12.081,64 \text{ kWh} \end{array} \right\} 16.759,76 \text{ kWh}$$

$$16.759,76 \text{ kWh} \times (\text{R\$/kW}) 0,196 = \text{R\$ } 3.284,91$$

Total de Ganho financeiro no Consumo (Sistema LG)= R\$ 4.176,52

2c.2.3) Sistema de Iluminação Eficiente OSRAM:

$$\left. \begin{array}{l} 65,4 \text{ kW} \times 510 \text{ h} = 33.354 \text{ kWh} \\ 27,396 \text{ kW} \times 510 \text{ h} = 13.971,96 \text{ kWh} \end{array} \right\} 19.382,04 \text{ kWh}$$

Consumo na Ponta: 3h/dia (SEG à SEX) = 69h/mês = 13,53%

$$19.382,04 \text{ kWh} \times (\text{R\$/kW}) 0,34 = \text{R\$ } 6.589,89$$

$$\text{R\$ } 6.589,89 \times 13,53\% = \text{R\$ } 891,61$$

Consumo Fora da Ponta: 14h/dia = 441h/mês

$$\left. \begin{array}{l} 65,4 \text{ kW} \times 441 \text{ h} = 28.841,40 \text{ kWh} \\ 27,396 \text{ kW} \times 441 \text{ h} = 12.081,64 \text{ kWh} \end{array} \right\} 16.759,76 \text{ kWh}$$

$$16.759,76 \text{ kWh} \times (\text{R\$/kW}) 0,196 = \text{R\$ } 3.284,91$$

Total de Ganho financeiro no Consumo (Sistema OSRAM)= R\$ 4.176,52

2c.3) Redução financeira mensal, considerando Demanda e Consumo:

	SIST EFIC.(GE)	SIST EFIC.(LG)	SIST EFIC.(OSRAM)
Demanda (R\$)	1.725,15	3.067,68	3.067,68
Consumo (R\$)	2.348,72	4.176,52	4.176,52
Total (R\$)	4.073,87	7.244,20	7.244,20

3) Economia considerando a redução do custo operacional com reposição de lâmpadas, reatores e redução de mão de obra:

Valor do Homem Hora = R\$ 5,22

3a) Sistema Existente:

Lâmpada Fluorescente 16W e 32W – vida mediana **7.500 h**

Custo unitário ----- R\$ 7,30

Horas de funcionamento da instalação por ano – 6.120 h

Instalação tem **2.077** Lâmpadas Fluorescentes 16W e 32W.

Trocamos Lâmpadas Fluorescentes 16W e 32W em:

7.500 h / 6.120 h = 1,23Anos (1 Ano e 3 Meses).

Troca-se **140** Lâmpadas por mês

5 minutos p/ troca de uma Lâmpada Fluorescente = 140 x R\$ 0,44 = R\$ 61,60

Lâmpadas substituídas por mês = 140 x R\$ 7,30 = R\$ 1.022,00

Reator Eletrônico 2x16W, 1x32w e 2x32W, Alto Fator de Potência – vida mediana

20.000 h

Custo unitário ----- R\$ 19,60

Horas de funcionamento da instalação por ano – 6.120 h

Instalação tem 1.412 Reatores Eletrônicos 2x16W, 1x32W e 2x32W

Trocaremos Reatores em:

20.000 h / 6.120 h = 3,27 Anos (3 Anos e 3 Meses)

Troca-se 36 Reatores por mês

15 minutos p/ troca de um Reator = 36 x R\$ 1,31 = R\$ 47,16

Reatores substituídos por mês = 36 x R\$ 19,60 = R\$ 705,60

3b) Sistema Eficiente (GE):

Lâmpada Fluorescente 13W e 26W – vida mediana 30.000 h

Custo unitário ----- R\$ 18,34

Horas de funcionamento da instalação por ano – 6.120 h

Instalação terá 2.077 Lâmpadas Fluorescentes 13W e 26W.

Trocaremos Lâmpadas Fluorescentes 13W e 26W em:

30.000 h / 6.120 h = 4,9Anos (4 Anos e 11 Meses).

Troca-se 35 Lâmpadas por mês

5 minutos p/ troca de uma Lâmpada Fluorescente = 35 x R\$ 0,44 = R\$ 15,40

Lâmpadas substituídas por mês = 35 x R\$ 18,34 = R\$ 641,90

Reator Eletrônico 2x14W, 1x28w e 2x28W, Alto Fator de Potência – vida mediana
50.000 h

Custo unitário ----- R\$ 48,93

Horas de funcionamento da instalação por ano – 6.120 h

Instalação terá 1.412 Reatores Eletrônicos 2x14w, 1x28W e 2x28W

Trocaremos Reatores em:

50.000 h / 6.120 h = 8,17 Anos (8 Anos e 2 Meses)

Troca-se 15 Reatores por mês

15 minutos p/ troca de um Reator = 15 x R\$ 1,31 = R\$ 19,65

Reatores substituídos por mês = 15 x R\$ 48,93 = R\$ 733,95

Economia mensal considerando reposição de Material e mão de obra (Sistema Eficiente GE):

	EXISTENTE	SIST EFIC.(GE)
Lâmps. + Reatores (R\$)	1727,60	1.375,85
Mão de obra (R\$)	108,76	35,05
Total (R\$)	1836,36	1410,90
Economia (R\$)		425,46

3c) Sistema Eficiente (LG):

LED TUBE 9W e 18W – vida mediana 50.000 h

Custo unitário ----- R\$ 147,31

Horas de funcionamento da instalação por ano – 6.120 h

Instalação terá 1.712 LEDs TUBE 9W e 18W.

Trocaremos LEDs TUBE 9W e 18W em:

50.000 h / 6.120 h = 8,17Anos (8 Anos e 2 Meses).

Troca-se 18 LEDs TUBE por mês

5 minutos p/ troca de um LED TUBE = 18 x R\$ 0,44 = R\$ 7,92

LEDs TUBE substituídos por mês = 18 x R\$ 147,31 = R\$ 2.651,58

Economia mensal considerando reposição de Material e mão de obra (Sistema Eficiente LG):

	EXISTENTE	SIST EFIC.(LG)
Lâmps. + Reatores (R\$)	1727,60	2.651,58
Mão de obra (R\$)	108,76	7,92
Total (R\$)	1836,36	2659,50
Economia (R\$)		-823,14

3c) Sistema Eficiente (OSRAM):

LED TUBE 9W e 18W – vida mediana **50.000 h**

Custo unitário ----- R\$ 113,50

Horas de funcionamento da instalação por ano – 6.120 h

Instalação terá **1.712** LEDs TUBE 9W e 18W.

Trocamos LEDs TUBE 9W e 18W em:

50.000 h / 6.120 h = 8,17Anos (8 Anos e 2 Meses).

Troca-se **18** LEDs TUBE por mês

5 minutos p/ troca de um LED TUBE = 18 x R\$ 0,44 = R\$ 7,92

LEDs TUBE substituídos por mês = 18 x R\$ 113,50 = R\$ 2.043,00

Economia mensal considerando reposição de Material e mão de obra (Sistema Eficiente LG):

	EXISTENTE	SIST EFIC.(OSRAM)
Lâmps. + Reatores (R\$)	1727,60	2.043,00
Mão de obra (R\$)	108,76	7,92
Total (R\$)	1836,36	2050,92
Economia (R\$)		-214,56

4) Retorno do Investimento Aplicado:

4a) Valor do Investimento (Sistema Eficiente GE):

SIST EFIC.(GE)	QTD	V. UNIT.	V. TOTAL
Lumin Sobr. 1x28W	1.112	44,97	50.006,64
Lumin Sobr. 2x28W	110	47,19	5.190,90
Lumin Sobr. 2x14W	190	33,86	6.433,40
Lâmp. Fluor. T5 26W	1332	18,34	24.428,88
Lâmp. Fluor. T5 13W	380	16,06	6.102,80
Reator Elet. 1x28W	1.112	41,45	46.092,40
Reator Elet. 2x28W	110	51,38	5.651,80
Reator Elet. 2x14W	190	48,94	9.298,60
Total			153.205,42

4b) Valor do Investimento (Sistema Eficiente LG):

SIST EFIC.(LG)	QTD	V. UNIT.	V. TOTAL
LED TUBE 9W	380	120,09	45.634,20
LED TUBE 18W	1.332	147,31	196.216,92
Total			241.851,12

4c) Valor do Investimento (Sistema Eficiente OSRAM):

SIST EFIC.(OSRAM)	QTD	V. UNIT.	V. TOTAL
LED TUBE 9W	380	78,66	29.890,80
LED TUBE 18W	1.332	113,52	151.208,64
Total			181.099,44

5) Total de Ganho Financeiro (Demanda, Consumo e Mão de obra de Manutenção):

	SIST EFIC.(GE)	SIST EFIC.(LG)	SIST EFIC.(OSRAM)
Demanda (R\$)	1.725,15	3.067,68	3.067,68
Consumo (R\$)	2.348,72	4.176,52	4.176,52
Mão de obra (R\$)	425,46	-823,14	-214,56
Total (R\$)	4.499,33	6.421,06	7.029,64

6) Retorno do Investimento (Pay Back)

6a) Retorno do Investimento (Sistema Eficiente GE)

Total do Investimento ÷ Total de Ganho Financeiro por mês :

$$\text{R\$ } 153.205,42 \quad \div \quad \text{R\$ } 4.499,33 \quad = \quad \boxed{34,05 \text{ meses}}$$

Aproximadamente 2,84 anos = 2 anos e 10 meses

6b) Retorno do Investimento (Sistema Eficiente LG)

Total do Investimento ÷ Total de Ganho Financeiro por mês :

$$\text{R\$ } 241.851,12 \quad \div \quad \text{R\$ } 6.421,06 \quad = \quad \boxed{37,66 \text{ meses}}$$

Aproximadamente 3,14 anos = 3 anos e 2 meses

6c) Retorno do Investimento (Sistema Eficiente OSRAM)

Total do Investimento ÷ Total de Ganho Financeiro por mês :

$$\text{R\$ } 181.099,44 \quad \div \quad \text{R\$ } 7.029,64 \quad = \quad \boxed{25,76 \text{ meses}}$$

Aproximadamente 2,15 anos = 2 anos e 2 meses

PARQUE SHOPPING BELÉM

ESTACIONAMENTO EXTERNO

1 – INSTALAÇÃO EXISTENTE X SIST. EFIC. ILUMIN. (GE) X SIST. EFIC. ILUMIN.

(KAWOA 48 LEDS) X SIST. EFIC. ILUMIN. (KAWOA 96 LEDS) X SIST. EFIC. ILUMIN. (LG)

1a) Horas de Funcionamento da Instalação:

	EXISTENTE	SIST EFIC. (GE)	SIST EFIC. (KAWOA 48 LEDS)	SIST EFIC. (KAWOA 96 LEDS)	SIST EFIC. (LG)
Horas / dia:	17	17	17	17	17
Horas / mês:	510	510	510	510	510
Horas / ano:	6120	6120	6120	6120	6120

1b) Lâmpadas:

Existente: Vapor Metálico 250W

Sistema Eficiente (GE 94 LEDS): ERS 2 COBRAHEAD 102W

Sistema Eficiente (KAWOA 48 LEDS): LPK 48W COM LENTE

Sistema Eficiente (KAWOA 96 LEDS): LPK 96W COM LENTE

Sistema Eficiente (LG): STREET LIGHT 108W

	EXISTENTE	SIST EFIC.(GE)	SIST EFIC.(KAWOA 48 LEDS)	SIST EFIC.(KAWOA 96 LEDS)	SIST EFIC.(LG)
Total Lâmps. VMT	122				
Watt / Lâmp.:	250				
Total LEDs		122	122	71	122
Watt / Lâmp.:		106	48	96	108
Total Watts.:	30500	12932	5856	6816	13176

1c) Equipamentos Auxiliares:

Existente: Reatores 1x250W

Sistema Eficiente (GE):

Sistema Eficiente (KAWOA 48 LEDS):

Sistema Eficiente (KAWOA 96 LEDS):

Sistema Eficiente (LG) -

	EXISTENTE	SIST EFIC.(GE)	SIST EFIC.(KAWOA 48 LEDS)	SIST EFIC.(KAWOA 96LEDS)	SIST EFIC.(LG)
Total Reatores.250W	122	0	0	0	0
Watt / Reator.:	25	0	0	0	0
Total Watts.:	3050	0	0	0	0

1d) Consumo Total em Kilowatts em relação à Iluminação:

	EXISTENTE	SIST EFIC.(GE)	SIST EFIC.(KAWOA 48 LEDS)	SIST EFIC.(KAWOA 96 LEDS)	SIST EFIC.(LG)
Total Watts.:	33.550	12.932	5.856	6.816	13.176
Total kW:	33,55	12,932	5,856	6,816	13,176
Economia %:	61,45%		82,55%	79,68%	60,73%

2) Redução do Consumo de energia:

2a) Energia usada por ano: (kWh)

	EXISTENTE	SIST EFIC.(GE)	SIST EFIC.(KAWOA 48 LEDS)	SIST EFIC.(KAWOA 96 LEDS)	SIST EFIC.(LG)
(kW) x (Horas de Funcionamento)	33,55 kW x 6120 h	12,932 kW x 6120 h	5,856 kW x 6120 h	6,816 kW x 6120 h	13,176 kW x 6120 h
da Iluminação por ano)	205326,00	79143,84	35838,72	41713,92	80637,12

2b. 1) Redução de energia por ano devido ao Sistema de Iluminação Eficiente GE:

$$205.326,00 \text{ kWh} - 79.143,84 \text{ kWh} = 126.182,16 \text{ kWh}$$

2b. 2) Redução de energia por ano devido ao Sistema de Iluminação Eficiente KAWOA 48 LEDS:

$$205.326,00 \text{ kWh} - 35.838,72 \text{ kWh} = 169.487,28 \text{ kWh}$$

2b. 3) Redução de energia por ano devido ao Sistema de Iluminação Eficiente KAWOA 96 LEDS:

$$205.326,00 \text{ kWh} - 41.713,92 \text{ kWh} = 163.612,08 \text{ kWh}$$

2b. 4) Redução de energia por ano devido ao Sistema de Iluminação Eficiente LG:

$$205.326,00 \text{ kWh} - 80.637,12 \text{ kWh} = 124.688,88 \text{ kWh}$$

2c) Ganho Financeiro mensal, considerando a redução de consumo de energia elétrica:

Tarifa contratada com a Concessionária de Energia Elétrica:

$$\text{Demanda na Ponta (R\$/kW)} = 10,93$$

$$\text{Demanda Fora da Ponta (R\$/kW)} = 2,38$$

$$\text{Consumo na Ponta (R\$/kW)} = 0,204$$

$$\text{Consumo Fora da Ponta (R\$/kW)} = 0,124$$

2c. 1) Ganho na Demanda por mês:

2c. 1.1) Sistema de Iluminação Eficiente GE:

Horário de Ponta:

$$33,55 \text{ kW} - 12,932 \text{ kW} = 20,618 \text{ kW}$$

$$20,618 \text{ kW} \times (\text{R\$/kW}) 10,93 = \text{R\$ } 225,35$$

Horário Fora de Ponta:

$$20,618 \text{ kW} \times (\text{R\$/kW}) 2,38 = \text{R\$ } 49,07$$

Total de Ganho financeiro na Demanda (Sistema GE) = R\$ 274,42

2c. 1.2) Sistema de Iluminação Eficiente KAWOA 48 LEDS:

Horário de Ponta:

$$33,55 \text{ kW} - 5,856 \text{ kW} = 27,694 \text{ kW}$$

$$27,694 \text{ kW} \times (\text{R\$/kW}) 10,93 = \text{R\$ } 302,70$$

Horário Fora de Ponta:

$$27,694 \text{ kW} \times (\text{R\$/kW}) 2,38 = \text{R\$ } 65,91$$

Total de Ganho financeiro na Demanda (Sis. KAWOA 48 LEDS) = R\$ 368,61

2c. 1.3) Sistema de Iluminação Eficiente KAWOA 96 LEDS:

Horário de Ponta:

$$33,55 \text{ kW} - 6,816 \text{ kW} = 26,734 \text{ kW}$$

$$26,734 \text{ kW} \times (\text{R\$/kW}) 10,93 = \text{R\$ } 292,20$$

Horário Fora de Ponta:

$$26,734 \text{ kW} \times (\text{R\$/kW}) 2,38 = \text{R\$ } 63,63$$

Total de Ganho financeiro na Demanda (Sistema KAWOA 96 LEDS) = R\$ 355,83

2c. 1.4) Sistema de Iluminação Eficiente LG:

Horário de Ponta:

$$33,55 \text{ kW} - 13,176 \text{ kW} = 20,374 \text{ kW}$$

$$20,374 \text{ kW} \times (\text{R\$/kW}) 10,93 = \text{R\$ } 222,69$$

Horário Fora de Ponta:

$$20,374 \text{ kW} \times (\text{R\$/kW}) 2,38 = \text{R\$ } 48,49$$

Total de Ganho financeiro na Demanda (Sistema LG) = R\$ 271,18

2c. 2) Ganho no Consumo por mês:

2c. 2.1) Sistema de Iluminação Eficiente GE:

$$\left. \begin{array}{l} 33,55 \text{ kW} \times 510 \text{ h} = 17.110,50 \text{ kWh} \\ 12,932 \text{ kW} \times 510 \text{ h} = 6.595,32 \text{ kWh} \end{array} \right\} 10.515,18 \text{ kWh}$$

Consumo na Ponta: 3h/dia (SEG à SEX) = 66h/mês = 12,94% do mês

$$10.515,18 \text{ kWh} \times (\text{R\$/kW}) 0,204 = \text{R\$ } 2.145,10$$

$$\text{R\$ } 2.145,10 \times 12,94\% = \text{R\$ } 277,57$$

Consumo Fora da Ponta: 14h/dia = 420h/mês

$$\left. \begin{array}{l} 33,55 \text{ kW} \times 420 \text{ h} = 14.091,00 \text{ kWh} \\ 12,932 \text{ kW} \times 420 \text{ h} = 5.431,44 \text{ kWh} \end{array} \right\} 8.659,56 \text{ kWh}$$

$$8.659,56 \text{ kWh} \times (\text{R\$/kW}) 0,124 = \text{R\$ } 1.073,78$$

Total de Ganho financeiro no Consumo (Sistema GE) = R\$ 1.351,35

2c. 2.2) Sistema de Iluminação Eficiente KAWOA 48 LEDS:

$$\left. \begin{array}{l} 33,55 \text{ kW} \times 510 \text{ h} = 17.110,50 \text{ kWh} \\ 5,856 \text{ kW} \times 510 \text{ h} = 2.986,56 \text{ kWh} \end{array} \right\} 14.123,94 \text{ kWh}$$

Consumo na Ponta: 3h/dia (SEG à SEX) = 66h/mês = 12,94% do mês

$$14.123,94 \text{ kWh} \times (\text{R\$/kW}) 0,204 = \text{R\$ } 2.881,28$$

$$\text{R\$ } 2.881,28 \times 12,94\% = \text{R\$ } 372,84$$

Consumo Fora da Ponta: 14h/dia = 420h/mês

$$\left. \begin{array}{l} 33,55 \text{ kW} \times 420 \text{ h} = 14.091,00 \text{ kWh} \\ 5,856 \text{ kW} \times 420 \text{ h} = 2.459,52 \text{ kWh} \end{array} \right\} 11.631,48 \text{ kWh}$$

$$11.631,48 \text{ kWh} \times (\text{R\$/kW}) 0,124 = \text{R\$ } 1.442,30$$

Total de Ganho financeiro no Consumo (Sistema KAWOA 48 LEDS) = R\$ 1.815,14

2c. 2.3) Sistema de Iluminação Eficiente KAWOA 96 LEDS:

$$\left. \begin{array}{l} 33,55 \text{ kW} \times 510 \text{ h} = 17.110,50 \text{ kWh} \\ 6,816 \text{ kW} \times 510 \text{ h} = 3.476,16 \text{ kWh} \end{array} \right\} 13.634,34 \text{ kWh}$$

Consumo na Ponta: 3h/dia (SEG à SEX) = 66h/mês = 12,94% do mês

$$13.634,34 \text{ kWh} \times (\text{R\$/kW}) 0,204 = \text{R\$ } 2.781,41$$

$$\text{R\$ } 2.781,41 \times 12,94\% = \text{R\$ } 359,91$$

Consumo Fora da Ponta: 14h/dia = 420h/mês

$$\left. \begin{array}{l} 33,55 \text{ kW} \times 420 \text{ h} = 14.091,00 \text{ kWh} \\ 6,816 \text{ kW} \times 420 \text{ h} = 2.862,72 \text{ kWh} \end{array} \right\} 11.228,28 \text{ kWh}$$

$$11.228,28 \text{ kWh} \times (\text{R\$/kW}) 0,124 = \text{R\$ } 1.392,31$$

Total de Ganho financeiro no Consumo (Sistema KAWOA 96 LEDS) = R\$ 1.752,22

2c. 2.4) Sistema de Iluminação Eficiente LG:

$$\left. \begin{array}{l} 33,55 \text{ kW} \times 510 \text{ h} = 17.110,50 \text{ kWh} \\ 13,176 \text{ kW} \times 510 \text{ h} = 6.179,76 \text{ kWh} \end{array} \right\} 10.930,74 \text{ kWh}$$

Consumo na Ponta: 3h/dia (SEG à SEX) = 66h/mês = 12,94% do mês

$$10.930,74 \text{ kWh} \times (\text{R\$/kW}) 0,204 = \text{R\$ } 2.229,87$$

$$\text{R\$ } 2.229,87 \times 12,94\% = \text{R\$ } 288,54$$

Consumo Fora da Ponta: 14h/dia = 420h/mês

$$\left. \begin{array}{l} 33,55 \text{ kW} \times 420 \text{ h} = 14.091,00 \text{ kWh} \\ 13,176 \text{ kW} \times 420 \text{ h} = 5.533,92 \text{ kWh} \end{array} \right\} 8.557,08 \text{ kWh}$$

$$8.557,08 \text{ kWh} \times (\text{R\$/kW}) 0,124 = \text{R\$ } 1.061,08$$

Total de Ganho financeiro no Consumo (Sistema LG) = R\$ 1.349,62

2c. 3) Redução financeira mensal, considerando Demanda e Consumo:

	SIST EFIC.(GE)	SIST EFIC.(KAWOA 48 LEDS)	SIST EFIC.(KAWOA 96 LEDS)	SIST EFIC.(LG)
Demanda (R\$)	274,42	368,61	355,83	271,18
Consumo (R\$)	1.351,35	1.815,14	1.752,22	1.349,62
Total (R\$)	1.625,77	2.183,75	2.108,05	1.620,80

3) Economia considerando a redução do custo operacional com reposição de lâmpadas, reatores e redução de mão de obra:

Valor do Homem Hora + MUNK = R\$ 180,00

3a) Sistema Existente:

Lâmpada Vapor Metálico 250W – vida mediana **12.000 h**

Custo unitário ----- R\$ 52,00

Horas de funcionamento da instalação por ano – 6.120 h

Instalação tem **122** Lâmpadas Vapor Metálico 250W.

Trocamos Lâmpadas Vapor Metálico 250W em:

12.000 h / 6.120 h = 1,96Anos (2 Anos).

Troca-se **6** Lâmpadas por mês.

10 minutos p/ troca de uma Lâmpada Vapor Metálico = 6 x R\$ 30,00 = R\$ 180,00

Lâmpadas substituídas por mês = 6 x R\$ 52,00 = R\$ 312,00

Reator Eletromagnético 1x250W, Alto Fator de Potência-vida mediana **20.000 h**.

Custo unitário ----- R\$ 82,00

Horas de funcionamento da instalação por ano – 6.120 h

Instalação tem **122** Reatores Eletromagnéticos 1x250W

Trocamos Reatores em:

20.000 h / 6.120 h = 3,27 Anos (3 Anos e 3 Meses)

Troca-se **3** Reatores por mês.

15 minutos p/ troca de um Reator = 3 x R\$ 45,00 = R\$ 135,00
Reatores substituídos por mês = 3 x R\$ 82,00 = R\$ 246,00

3b) Sistema Eficiente (GE):

COBRA HEAD 106W – vida mediana **50.000 h**

Custo unitário ----- R\$ 3.000,00

Horas de funcionamento da instalação por ano – 6.120 h

Instalação terá **122** COBRA HEAD 106W.

Trocamos COBRA HEAD 106W em:

50.000 h / 6.120 h = 8,17Anos (8 Anos e 2 Meses)

Troca-se **1** COBRA HEAD 102W por mês.

10 minutos p/ troca de um COBRA HEAD 106W = 1 x R\$ 30,00 = R\$ 30,00
COBRA HEAD 106W substituídas por mês = 1 x R\$ 1.300,00 = R\$ 1.300,00

Economia mensal considerando reposição de Material e mão de obra (Sistema Eficiente GE):

	EXISTENTE	SIST EFIC.(GE)
Lâmps. + Reatores (R\$)	558,00	1.300,00
Mão de obra (R\$)	315,00	30,00
Total (R\$)	873,00	1330,00
Economia (R\$)		-457,00

3c) Sistema Eficiente (KAWOA 48 LEDS):

KAWOA 48 LEDS – vida mediana **50.000 h**

Custo unitário ----- R\$ 890,00

Horas de funcionamento da instalação por ano – 6.120 h

Instalação terá 122 KAWOA 48 LEDS.

Trocaremos KAWOA 48 LEDS:

50.000 h / 6.120 h = 8,17Anos (8 Anos e 2 Meses)

Troca-se 2 KAWOA 48 LEDS por mês.

10 minutos p/ troca de um KAWOA 48 LEDS = 2 x R\$ 30,00 = R\$ 60,00
KAWOA 48 LEDS substituídos por mês = 2 x R\$ 890,00 = R\$ 1.780,00

Economia mensal considerando reposição de Material e mão de obra (Sistema Eficiente KAWOA 48 LEDS):

	EXISTENTE	SIST EFIC.(KAWOA 48 LEDS)
Lâmps. + Reatores (R\$)	558,00	1.780,00
Mão de obra (R\$)	315,00	60,00
Total (R\$)	873,00	1840,00
Economia (R\$)		-967,00

3d) Sistema Eficiente (KAWOA 96 LEDS):

KAWOA 96 LEDS – vida mediana 50.000 h

Custo unitário ----- R\$ 1.980,00

Horas de funcionamento da instalação por ano – 6.120 h

Instalação terá KAWOA 96 LEDS.

Trocaremos KAWOA 96 LEDS em:

50.000 h / 6.120 h = 8,17Anos (8 Anos e 2 Meses)

Troca-se **1** KAWOA 96 LEDS por mês.

10 minutos p/ troca de um KAWOA 96 LEDS = 1 x R\$ 30,00 = R\$ 30,00
KAWOA 96 LEDS substituídos por mês = 1x R\$ 1.980,00 = R\$ 1.980,00

Economia mensal considerando reposição de Material e mão de obra (Sistema Eficiente KAWOA 96 LEDS):

	EXISTENTE	SIST EFIC.(KAWOA 96 LEDS)
Lâmps. + Reatores (R\$)	558,00	1.980,00
Mão de obra (R\$)	315,00	30,00
Total (R\$)	873,00	2010,00
Economia (R\$)		-1137,00

3e) Sistema Eficiente (LG):

STREET LED 108W – vida mediana **50.000 h**

Custo unitário ----- R\$ 1.299,00

Horas de funcionamento da instalação por ano – 6.120 h

Instalação terá **122** STREET LED 108W.

Trocamos STREET LED 108W:

50.000 h / 6.120 h = 8,17Anos (8 Anos e 2 Meses)

Troca-se **1** STREET LED 108W por mês.

10 minutos p/ troca de um STREET LED 108W = 1 x R\$ 30,00 = R\$ 30,00
STREET LED 108W substituídos por mês = 1 x R\$ 1.299,00 = R\$ 1.299,00

Economia mensal considerando reposição de Material e mão de obra (Sistema Eficiente LG):

	EXISTENTE	SIST EFIC.(LG)
Lâmps. + Reatores (R\$)	558,00	1.299,00
Mão de obra (R\$)	315,00	30,00
Total (R\$)	873,00	1329,00
Economia (R\$)		-456,00

4) Retorno do Investimento Aplicado:

4a) Valor do Investimento (Sistema Eficiente GE):

SIST EFIC.(GE)	QTD	V. UNIT.	V. TOTAL
COBRA HEAD 106W	122	1300,00	158.600,00
Total			158.600,00

4b) Valor do Investimento (Sistema Eficiente KAWOA 48 LEDS):

SIST EFIC.(KAWOA 48 LEDS)	QTD	V. UNIT.	V. TOTAL
KAWOA 48 LEDS	122	890,00	108.580,00
Total			108.580,00

4c) Valor do Investimento (Sistema Eficiente KAWOA 96 LEDS):

SIST EFIC.(KAWOA 96 LEDS)	QTD	V. UNIT.	V. TOTAL
KAWOA 96 LES	71	1.980,00	140.580,00
POSTE AÇO 9m LIVRES	71	1.800,00	127.800,00
Total			268.380,00

4d) Valor do Investimento (Sistema Eficiente LG):

SIST EFIC.(LG)	QTD	V. UNIT.	V. TOTAL
STRRET LED 108W	122	1.299,00	158.478,00
Total			158.478,00

5) Total de Ganho Financeiro (Demanda, Consumo e Mão de obra de Manutenção):

	SIST EFIC.(GE)	SIST EFIC.(KAWOA 48 LEDS)	SIST EFIC.(KAWOA 96 LEDS)	SIST EFIC.(LG)
Demanda (R\$)	274,42	368,61	355,83	271,18
Consumo (R\$)	1.351,35	1.815,14	1.752,22	1.349,62
Mão de obra (R\$)	-457,00	-967,00	-1.137,00	-456,00
Total (R\$)	1.168,77	1.216,75	971,05	1.164,80

6) Retorno do Investimento (Pay Back)

6a) Retorno do Investimento (Sistema Eficiente GE)

Total do Investimento ÷ Total de Ganho Financeiro por mês:

$$\text{R\$ } 158.600,00 \quad \div \quad \text{R\$ } 1.168,77 \quad = \quad \boxed{135,70 \text{ meses}}$$

Aproximadamente 11,3 anos = 11 anos e 4 meses

6b) Retorno do Investimento (Sistema Eficiente KAWOA 48 LEDS)

Total do Investimento ÷ Total de Ganho Financeiro por mês:

$$\text{R\$ } 108.580,00 \quad \div \quad \text{R\$ } 1.216,75 \quad = \quad \boxed{89,24 \text{ meses}}$$

Aproximadamente 7,44 anos = 7 anos e 6 meses

6c) Retorno do Investimento (Sistema Eficiente KAWOA 96 LEDS)

Total do Investimento ÷ Total de Ganho Financeiro por mês:

$$\text{R\$ } 268.380,00 \quad \div \quad \text{R\$ } 971,05 \quad = \quad \boxed{276,38 \text{ meses}}$$

Aproximadamente 23,03 anos = 23 anos

6d) Retorno do Investimento (Sistema Eficiente LG)

Total do Investimento ÷ Total de Ganho Financeiro por mês:

$$\text{R\$ } 158.478,00 \quad \div \quad \text{R\$ } 1.164,80 \quad = \quad \boxed{136,05 \text{ meses}}$$

Aproximadamente 11,34 anos = 11 anos e 4 meses

SHOPPING BOULEVARD SÃO GONÇALO

ESTACIONAMENTO e ÁREAS COMUNS

1 – INSTALAÇÃO EXISTENTE X SIST. EFIC. ILUMIN. (GE) X SIST. EFIC. ILUMIN. (LG) X SIST. EFIC. ILUMIN. (OSRAM)

1a) Horas de Funcionamento da Instalação:

	EXISTENTE	SIST EFIC. (GE)	SIST EFIC. (LG)	SIST EFIC. (OSRAM)
Horas / dia:	17	17	17	17
Horas / mês:	510	510	510	510
Horas / ano:	6120	6120	6120	6120

1b) Lâmpadas:

Existente: Fluorescente Tubular T8 32W e 16W

Sistema Eficiente (GE): Fluorescente Tubular T5 26W e 13W

Sistema Eficiente (LG): LED TUBE T8 18W e 9W

Sistema Eficiente (OSRAM): LED TUBE T8 18W e 9W

	EXISTENTE	SIST EFIC.(GE)	SIST EFIC.(LG)	SIST EFIC.(OSRAM)
Total Lâmps. T8 32W	2578			
Watt / Lâmp.:	32			
Total Lâmps. T8 16W	202			
Watt / Lâmp.:	16			
Total Lâmps. T5 26W		2578		
Watt / Lâmp.:		26		
Total Lâmps. T5 13W		202		
Watt / Lâmp.:		13		
Total LEDs. 1,20 mt			2578	2578
Watt / Lâmp.:			18	18
Total LEDs. 0,60 mt			202	202
Watt / Lâmp.:			9	9
Total Watts.:	85728	69654	48222	48222
Total Watts.:	85728	69654	48222	48222

1c) Equipamentos Auxiliares:

Existente: Reatores 2x32W e 2x16W

Sistema Eficiente (GE): Reatores 2x28W e 2x14W

Sistema Eficiente (LG): -----

Sistema Eficiente (OSRAM): -----

	EXISTENTE	SIST EFIC.(GE)	SIST EFIC.(LG)	SIST EFIC.(OSRAM)
Total Reatores.2x32W	1289			
Watt / Reator.:	5			
Total Reatores.2x16W	101			
Watt / Reator.:	2			
Total Reatores.2x28W		1289		
Watt / Reator.:		5		
Total Reatores.2x14W		101		
Watt / Reator.:		3		
Total Watts.:	6647	6748	0	0
Total Watts.:	6647	6748	0	0

1d) Consumo Total em Kilowatts em relação a Iluminação:

	EXISTENTE	SIST EFIC.(GE)	SIST EFIC.(LG)	SIST EFIC.(OSRAM)
Total Watts.:	92.375	76.402	48.222	48.222
Total kW:	92,375	76,402	48,222	48,222
Economia %:	17,29%		47,80%	47,80%

2) Redução do Consumo de energia:**2a) Energia usada por ano: (kWh)**

	EXISTENTE	SIST EFIC.(GE)	SIST EFIC.(LG)	SIST EFIC.(OSRAM)
(kW) x (Horas de Funcionamento da Iluminação por ano)	92,375 kW x 6120 h	76,402 kW x 6120 h	48,222 kW x 6120 h	48,222 kW x 6120 h
	565335	467580,24	295118,64	295118,64

2b.1) Redução de energia por ano devido ao Sistema de Iluminação Eficiente GE:

$$565.335 \text{ kWh} - 467.580,24 \text{ kWh} = 97.754,76 \text{ kWh}$$

2b.2) Redução de energia por ano devido ao Sistema de Iluminação Eficiente LG:

$$565.335 \text{ kWh} - 295.118,64 \text{ kWh} = 270.216,36 \text{ kWh}$$

2b.3) Redução de energia por ano devido ao Sistema de Iluminação Eficiente OSRAM:

$$565.335 \text{ kWh} - 295.118,64 \text{ kWh} = 270.216,36 \text{ kWh}$$

2c) Ganho Financeiro mensal, considerando a redução de Consumo de Energia elétrica:

Tarifa contratada com a Concessionária de Energia Elétrica: (A4 – Azul)

$$\text{Demanda na Ponta (R\$/kW)} = 81,43$$

$$\text{Demanda Fora da Ponta (R\$/kW)} = 30,50$$

$$\text{Consumo na Ponta (R\$/kW)} = 0,37$$

$$\text{Consumo Fora da Ponta (R\$/kW)} = 0,219$$

2c.1) Ganho na Demanda por mês:

2c.1.1) Sistema de Iluminação Eficiente GE:

Horário de Ponta:

$$92,375 \text{ kW} - 76,402 \text{ kW} = 15,973 \text{ kW}$$

$$15,973 \text{ kW} \times (\text{R\$/kW}) 81,43 = \text{R\$ } 1.300,68$$

Horário Fora de Ponta:

$$15,973 \text{ kW} \times (\text{R\$/kW}) 30,50 = \text{R\$ } 487,18$$

Total de Ganho financeiro na Demanda (Sistema GE) = R\$ 1.787,86

2c.1.2) Sistema de Iluminação Eficiente LG:

Horário de Ponta:

$$92,375 \text{ kW} - 48,222 \text{ kW} = 44,153 \text{ kW}$$

$$44,153 \text{ kW} \times (\text{R\$/kW}) 81,43 = \text{R\$ } 3.595,38$$

Horário Fora de Ponta:

$$44,153 \text{ kW} \times (\text{R\$/kW}) 30,50 = \text{R\$ } 1.346,67$$

Total de Ganho financeiro na Demanda (Sistema LG) = R\$ 4.942,05

2c.1.3) Sistema de Iluminação Eficiente OSRAM:

Horário de Ponta:

$$92,375 \text{ kW} - 48,222 \text{ kW} = 44,153 \text{ kW}$$

$$44,153 \text{ kW} \times (\text{R\$/kW}) 81,43 = \text{R\$ } 3.595,38$$

Horário Fora de Ponta:

$$44,153 \text{ kW} \times (\text{R\$/kW}) 30,50 = \text{R\$ } 1.346,67$$

Total de Ganho financeiro na Demanda (Sistema OSRAM) = R\$ 4.942,05

2c.2) Ganho no Consumo por mês:

2c.2.1) Sistema de Iluminação Eficiente GE:

$$\left. \begin{array}{l} 92,375 \text{ kW} \times 510 \text{ h} = 47.111,25 \text{ kWh} \\ 76,402 \text{ kW} \times 510 \text{ h} = 38.965,02 \text{ kWh} \end{array} \right\} 8.146,23 \text{ kWh}$$

Consumo na Ponta: 3h/dia (SEG à SEX) = 66h/mês = 12,94%

$$8.146,23 \text{ kWh} \times (\text{R\$/kW}) 0,37 = \text{R\$ } 3.014,10$$

$$\text{R\$ } 3.014,10 \times 12,94\% = \text{R\$ } 390,02$$

Consumo Fora da Ponta: 14h/dia = 420h/mês

$$\left. \begin{array}{l} 92,375 \text{ kW} \times 420 \text{ h} = 38.797,50 \text{ kWh} \\ 76,402 \text{ kW} \times 420 \text{ h} = 32.088,84 \text{ kWh} \end{array} \right\} 6.708,66 \text{ kWh}$$

$$6.708,66 \text{ kWh} \times (\text{R\$/kW}) 0,219 = \text{R\$ } 1.469,20$$

Total de Ganho financeiro no Consumo (Sistema GE)= R\$ 1.859,22

2c.2.2) Sistema de Iluminação Eficiente LG:

$$\left. \begin{array}{l} 92,375 \text{ kW} \times 510 \text{ h} = 47.111,25 \text{ kWh} \\ 48,222 \text{ kW} \times 510 \text{ h} = 24.593,22 \text{ kWh} \end{array} \right\} 22.518,03 \text{ kWh}$$

Consumo na Ponta: 3h/dia (SEG à SEX) = 66h/mês = 12,94%

$$22.518,03 \text{ kWh} \times (\text{R\$/kW}) 0,37 = \text{R\$ } 8.331,67$$

$$\text{R\$ } 8.331,67 \times 12,94\% = \text{R\$ } 1.078,12$$

Consumo Fora da Ponta: 14h/dia = 420h/mês

$$\left. \begin{array}{l} 92,375 \text{ kW} \times 420 \text{ h} = 38.797,50 \text{ kWh} \\ 48,222 \text{ kW} \times 420 \text{ h} = 20.253,24 \text{ kWh} \end{array} \right\} 18.544,26 \text{ kWh}$$

$$18.544,26 \text{ kWh} \times (\text{R\$/kW}) 0,219 = \text{R\$ } 4.061,19$$

Total de Ganho financeiro no Consumo (Sistema LG) = R\$ 5.139,31

2c.2.3) Sistema de Iluminação Eficiente OSRAM:

$$\left. \begin{array}{l} 92,375 \text{ kW} \times 510 \text{ h} = 47.111,25 \text{ kWh} \\ 48,222 \text{ kW} \times 510 \text{ h} = 24.593,22 \text{ kWh} \end{array} \right\} 22.518,03 \text{ kWh}$$

Consumo na Ponta: 3h/dia (SEG à SEX) = 66h/mês = 12,94%

$$22.518,03 \text{ kWh} \times (\text{R\$/kW}) 0,37 = \text{R\$ } 8.331,67$$

$$\text{R\$ } 8.331,67 \times 12,94\% = \text{R\$ } 1.078,12$$

Consumo Fora da Ponta: 14h/dia = 420h/mês

$$\left. \begin{array}{l} 92,375 \text{ kW} \times 420 \text{ h} = 38.797,50 \text{ kWh} \\ 48,222 \text{ kW} \times 420 \text{ h} = 20.253,24 \text{ kWh} \end{array} \right\} 18.544,26 \text{ kWh}$$

$$18.544,26 \text{ kWh} \times (\text{R\$/kW}) 0,219 = \text{R\$ } 4.061,19$$

Total de Ganho financeiro no Consumo (Sistema OSRAM) = R\$ 5.139,31

2c.3) Redução financeira mensal, considerando Demanda e Consumo:

	SIST EFIC.(GE)	SIST EFIC.(LG)	SIST EFIC.(OSRAM)
Demanda (R\$)	1.787,86	4.942,05	4.942,05
Consumo (R\$)	1.859,22	5.139,31	5.139,31
Total (R\$)	3.647,08	10.081,36	10.081,36

3) Economia considerando a redução do custo operacional com reposição de lâmpadas, reatores e redução de mão de obra:

Valor do Homem Hora = R\$ 5,22

3a) Sistema Existente:

Lâmpada Fluorescente 16W e 32W – vida mediana **7.500 h**

Custo unitário ----- R\$ 7,30

Horas de funcionamento da instalação por ano – 6.120 h

Instalação tem **2.780** Lâmpadas Fluorescentes 16W e 32W.

Trocamos Lâmpadas Fluorescentes 16W e 32W em:

7.500 h / 6.120 h = 1,23Anos (1 Ano e 3 Meses).

Troca-se **186** Lâmpadas por mês

5 minutos p/ troca de uma Lâmpada Fluorescente = 186 x R\$ 0,44 = R\$ 81,84
Lâmpadas substituídas por mês = 186 x R\$ 7,30 = R\$ 1.357,80

Reator Eletrônico 2x16W, 1x32w e 2x32W, Alto Fator de Potência – vida mediana **20.000 h**

Custo unitário ----- R\$ 19,60

Horas de funcionamento da instalação por ano – 6.120 h

Instalação tem **1.390** Reatores Eletrônicos 2x16W e 2x32W

Trocaremos Reatores em:

$$20.000 \text{ h} / 6.120 \text{ h} = 3,27 \text{ Anos (3 Anos e 3 Meses)}$$

Troca-se **36** Reatores por mês

15 minutos p/ troca de um Reator = 36 x R\$ 1,31 = R\$ 47,16
Reatores substituídos por mês = 36 x R\$ 19,60 = R\$ 705,60

3b) Sistema Eficiente (GE):

Lâmpada Fluorescente 13W e 26W – vida mediana **30.000 h**

Custo unitário ----- R\$ 18,34

Horas de funcionamento da instalação por ano – 6.120 h

Instalação terá **2.780** Lâmpadas Fluorescentes 13W e 26W.

Trocaremos Lâmpadas Fluorescentes 13W e 26W em:

$$30.000 \text{ h} / 6.120 \text{ h} = 4,9 \text{ Anos (4 Anos e 11 Meses)}.$$

Troca-se **47** Lâmpadas por mês

5 minutos p/ troca de uma Lâmpada Fluorescente = 47 x R\$ 0,44 = R\$ 20,68
Lâmpadas substituídas por mês = 47 x R\$ 18,34 = R\$ 861,98

Reator Eletrônico 2x14W, 1x28w e 2x28W, Alto Fator de Potência – vida mediana

50.000 h

Custo unitário ----- R\$ 48,93

Horas de funcionamento da instalação por ano – 6.120 h

Instalação terá **1.390** Reatores Eletrônicos 2x14w e 2x28W

Trocaremos Reatores em:

50.000 h / 6.120 h = 8,17 Anos (8 Anos e 2 Meses)

Troca-se **15** Reatores por mês

15 minutos p/ troca de um Reator = 15 x R\$ 1,31 = R\$ 19,65

Reatores substituídos por mês = 15 x R\$ 48,93 = R\$ 733,95

Economia mensal considerando reposição de Material e mão de obra (Sistema Eficiente GE):

	EXISTENTE	SIST EFIC.(GE)
Lâmps. + Reatores (R\$)	2063,40	1.595,93
Mão de obra (R\$)	129,00	40,33
Total (R\$)	2192,40	1636,26
Economia (R\$)		556,14

3c) Sistema Eficiente (LG):

LED TUBE 9W e 18W – vida mediana **50.000 h**

Custo unitário ----- R\$ 147,31

Horas de funcionamento da instalação por ano – 6.120 h

Instalação terá **2.780** LEDs TUBE 9W e 18W.

Trocaremos LEDs TUBE 9W e 18W em:

50.000 h / 6.120 h = 8,17Anos (8 Anos e 2 Meses).

Troca-se **29** LEDs TUBE por mês

5 minutos p/ troca de um LED TUBE = 29 x R\$ 0,44 = R\$ 12,76
LEDs TUBE substituídos por mês = 29 x R\$ 147,31 = R\$ 4.271,99

Economia mensal considerando reposição de Material e mão de obra (Sistema Eficiente LG):

	EXISTENTE	SIST EFIC.(LG)
Lâmps. + Reatores (R\$)	2063,40	4.271,99
Mão de obra (R\$)	129,00	12,76
Total (R\$)	2192,40	4284,75
Economia (R\$)		-2092,35

3d) Sistema Eficiente (OSRAM):

LED TUBE 9W e 18W – vida mediana **50.000 h**

Custo unitário ----- R\$ 113,50

Horas de funcionamento da instalação por ano – 6.120 h

Instalação terá **2.780** LEDs TUBE 9W e 18W.

Trocamos LEDs TUBE 9W e 18W em:

50.000 h / 6.120 h = 8,17Anos (8 Anos e 2 Meses).

Troca-se **29** LEDs TUBE por mês

5 minutos p/ troca de um LED TUBE = 29 x R\$ 0,44 = R\$ 12,76
LEDs TUBE substituídos por mês = 29 x R\$ 113,50 = R\$ 3.291,50

Economia mensal considerando reposição de Material e mão de obra (Sistema Eficiente LG):

	EXISTENTE	SIST EFIC.(OSRAM)
Lâmps. + Reatores (R\$)	2063,40	3.291,50
Mão de obra (R\$)	129,00	12,76
Total (R\$)	2192,40	3304,26
Economia (R\$)		-1111,86

4) Retorno do Investimento Aplicado:

4a) Valor do Investimento (Sistema Eficiente GE):

SIST EFIC.(GE)	QTD	V. UNIT.	V. TOTAL
Lâmp. Fluor. T5 26W	2578	18,34	47.280,52
Lâmp. Fluor. T5 13W	202	16,06	3.244,12
Reator Elet. 2x28W	1289	51,38	66.228,82
Reator Elet. 2x14W	101	48,94	4.942,94
Total			121.696,40

4b) Valor do Investimento (Sistema Eficiente LG):

SIST EFIC.(LG)	QTD	V. UNIT.	V. TOTAL
LED TUBE 9W	202	120,09	24.258,18
LED TUBE 18W	2.578	147,31	379.765,18
Total			404.023,36

4c) Valor do Investimento (Sistema Eficiente OSRAM):

SIST EFIC.(OSRAM)	QTD	V. UNIT.	V. TOTAL
LED TUBE 9W	202	78,66	15.889,32
LED TUBE 18W	2.578	113,52	292.654,56
Total			308.543,88

5) Total de Ganho Financeiro (Demanda, Consumo e Mão de obra de Manutenção):

	SIST EFIC.(GE)	SIST EFIC.(LG)	SIST EFIC.(OSRAM)
Demanda (R\$)	1.787,86	4.942,05	4.942,05
Consumo (R\$)	1.859,22	5.139,31	5.139,31
Mão de obra (R\$)	556,14	-2.092,35	-1.111,86
Total (R\$)	4.203,22	7.989,01	8.969,50

6) Retorno do Investimento (Pay Back)

6a) Retorno do Investimento (Sistema Eficiente GE)

Total do Investimento ÷ Total de Ganho Financeiro por mês :

$$\text{R\$ } 121.696,40 \quad \div \quad \text{R\$ } 4.203,22 \quad = \quad \boxed{28,95 \text{ meses}}$$

Aproximadamente 2,41 anos = 2 anos e 5 meses

6b) Retorno do Investimento (Sistema Eficiente LG)

Total do Investimento ÷ Total de Ganho Financeiro por mês :

$$\text{R\$ } 404.023,36 \quad \div \quad \text{R\$ } 7.989,01 \quad = \quad \boxed{50,57 \text{ meses}}$$

Aproximadamente 4,21 anos = 4 anos e 3 meses

6c) Retorno do Investimento (Sistema Eficiente OSRAM)

Total do Investimento ÷ Total de Ganho Financeiro por mês :

$$\text{R\$ } 308.543,88 \quad \div \quad \text{R\$ } 8.969,50 \quad = \quad \boxed{34,4 \text{ meses}}$$

Aproximadamente 2,87 anos = 2 anos e 10 meses

OBS.: O melhor resultado é a opção das lâmpadas T5 (GE), pois tem o retorno do investimento mais rápido.

O sistema OSRAM, por se tratar de LED está com o retorno satisfatório

ANEXO - PARTE 2

Questionários respondidos por fornecedores de luminárias (exemplos)

QUESTIONÁRIO LICITAÇÃO LED BOULEVARD SHOPPING SÃO GONÇALO

1-Se a Empresa tem registrada num departamento de energia suas boas práticas com a qualidade. E se segue as normas de qualidade para Solid State Lighting (SSL) de seus produtos. Como:

- Saída de luz da luminária;
- Eficácia (lúmens por watt);
- Potência medida (watts);
- Temperatura de cor correlacionada (CCT);
- Índice de reprodução de cor (CRI);
- Garantia;
- LED de luz de manutenção (como uma porcentagem de emissão de luz inicial há um tempo fixo).

A Lumicenter fabrica reatores eletrônicos e para isso a sua fábrica de eletrônicos funciona conforme norma ISO9001, com isso é inspecionada semestralmente por uma certificadora vinculada ao Inmetro. Dentre os processos, mantemos sistema de tratamento de reclamações de clientes.

Devido aos altos custos de ensaios e baixa disponibilidade de laboratórios para medições fotométricas no Brasil mantemos um laboratório em nossa fábrica munido de esfera integradora e goniofotômetro para acompanhamento das principais características de nossas luminárias de LED, dentre elas a saída de luz, eficácia, potência, CCT e CRI.

Também mantemos testes com amostras de produtos em ensaio de longa duração, onde mantemos as luminárias instaladas em ambiente com temperatura de 50 °C e medimos o fluxo luminoso a cada 1.000 horas para acompanhamento da depreciação de fluxo em condições extremas.

Grupo Lumicenter Lighting

www.lumicenter.com • www.lumidec.com.br • www.abalux.com.br
+55 41 2103-2750 / Fax + 55 41 2103-2760
Av Rui Barbosa, 3770 - São José dos Pinhais-PR / Brazil

2-Os produtos são de propriedade intelectual (IP) de quem?

Todos os produtos de LED fabricados pela Lumicenter são de propriedade intelectual da Lumicenter, tendo sido desenvolvidos pela nossa equipe de engenheiros e designers.

Apenas as linhas LumiAccess, FaciLED e LumiGuard não foram desenvolvidos pela Lumicenter e são de propriedade intelectual do fabricante.

3-Qual a avaliação de desempenho do fabricante LED e sua classificação no sistema para o produto final?

A seleção do LED é um dos pontos mais importantes para elaboração de um bom produto final, junto com o design térmico e óptico.

4-Qual a precaução que a empresa toma para garantir que o LED selecionado vai atender o desempenho e requisitos para qual é avaliado? A sua empresa compartilha os dados que mostram o processo de seleção e testes do LED?

A Lumicenter utiliza apenas LEDs das marcas Lumileds, Nichia, Osram e Cree. Durante o processo de seleção dos LEDs são avaliadas as características técnicas, os resultados do LM-80 e amostras são selecionadas para testes em condições reais de funcionamento em nossos produtos, testes estes realizados em nosso próprio laboratório. Podemos disponibilizar os LM-80 dos fabricantes de LEDs bem como os resultados de ensaios efetuados em nossos laboratórios.

5-Seu produto apresentado em LED foi testado pela LM80 para demonstrar L70 (vida após 6.000 horas de teste)? Se sim, compartilhar seus dados LM80 e modelo de vida que foi utilizado para demonstrar a vida L70.

Nossos produtos não foram testados pela LM80 uma vez que os ensaios ainda não estão disponíveis no Brasil. Exigimos os resultados LM80 dos LEDs que utilizamos e reproduzimos testes de longa duração conforme LM80 em nossos laboratórios para os modelos de LEDs selecionados.

Também buscamos utilizar os LEDs em condições de operação bastante distantes dos limites mostrados nos LM80 fornecidos pelos fabricantes dos LEDs com objetivo de garantir a máxima vida-útil nos produtos.

6-Seu produto LED atende os requisitos da LM79? Se sim, fornecer o relatório de ensaio da LM79 do laboratório de testes NVLAP conhecida.

Nossos produtos não foram testados pela LM79 uma vez que os ensaios ainda não estão disponíveis no Brasil. Caso necessário podemos oferecer resultados de testes conforme LM79 realizados em nossos laboratórios, bastando apontar os produtos a serem ensaiados.

7- Sua empresa desenha os termos de confiabilidade ou apenas faz um teste de confiabilidade para demonstrar o desempenho de longo prazo do seu produto? Sua empresa pode compartilhar o processo de confiabilidade de desenvolvimento do produto. Qual a metodologia? Six Sigma?

Nós projetamos a confiabilidade dos produtos, durante o processo de desenvolvimento buscamos relacionar todas as possibilidades de problemas relacionados ao produto ou à aplicação e buscamos soluções antes do lançamento.

A partir de falhas que aconteçam durante os testes, o processo produtivo ou em campo buscamos analisar os problemas e implementar soluções que evitem que os problemas tornem a acontecer.

As placas de LEDs são testadas em condições extremas de temperatura durante a fase de desenvolvimento assim como os drivers, que ainda passam por teste de 400.000 partidas para garantir a máxima durabilidade.

8-Que tipo de teste sua empresa executa para validar a vida do produto em operação segura? Favor compartilhar o resultado dos testes.

Durante o desenvolvimento os produtos são submetidos a testes elétricos, de segurança, manutenção do fluxo luminoso, número de ciclos liga-desliga, extremos de temperatura, umidade, dentre outros.

Também, durante a produção os drivers são testados funcionalmente bem como as placas de LEDs antes da montagem final das luminárias. Após as luminárias serem montadas novo teste funcional é aplicado onde a temperatura de cor é verificada contra um padrão.

9-Que ações ocorrem na fábrica para garantir que o produto irá funcionar corretamente quando instalado pelo cliente?

100% dos produtos são testados antes da embalagem. Também são tomadas precauções no projeto das luminárias e durante a montagem para criar formas de evitar problemas com a fiação das luminárias ou construção mecânica.

10-Como sua empresa pode garantir que o produto continuará a atender a especificação?

Além de todos os ensaios realizados durante o desenvolvimento e ao longo do processo produtivo oferecemos aos clientes garantia de 5 anos em nossos produtos de LEDs onde qualquer falha ou queda de performance que não sejam relacionados a situações de mau uso resultarão na substituição dos produtos.

NOTA:

- IES LM-79 para o fluxo total e cor (obrigatória métrica rótulo; LM-79 seções 9 e 12);

- IES LM-79 para a distribuição de intensidade (de métricas opcionais; LM-79 seção 10);
- Teste de medição de temperatura (ISTMT);
- IES LM-80.

Para complementar nos relatórios, não deve faltar o fator de potência maior que 0,95 bivolt automático (127/220V). Fator de eficiência (potencia luminosa/potencia total consumida) acima de 80 lumens por watt. IRC maior de 90 e o valor da cromaticidade em Kelvin. Ensaio de distribuição fotométrica em laboratórios sem vínculo com o setor privado e distribuição dos arquivos de distribuição fotométrica (IES).

Exceto as luminárias tipo balizador todas as outras utilizam nossos drivers full-range (100 a 250V), que possuem fator de potência 0,98, THD de 10% e eficiência de 90%.

Para balizadores o driver é bivolt consumo elétrico é menor que 1W e com isso o fator de potência é mantido natural e poderá variar entre 0,5 e 0,8 conforme rede elétrica onde está instalado.

Com relação às características luminosas, elas variam conforme o produto podendo apresentar temperaturas de cor de 3000K, 4000K ou 5000K, IRC maior que 70 ou IRC maior que 80 ou IRC maior que 90, além de eficiência luminosa entre 50 e 100lm/W dependendo do modelo.

Obrigado / Best regards,

Lumicenter | Gerente da Divisão de Eletrônicos
Lumicenter | Electronics Division Manager
www.lumicenter.com



Life is Good when it is Green.

RESPOSTA AO QUESTIONÁRIO:

- 1- Se a Empresa tem registrada num departamento de energia suas boas práticas com a qualidade. E se segue as normas de qualidade para Solid State Lighting (SSL) de seus produtos. Como:
- Saída de luz da luminária;
 - Eficácia (lúmens por watt);
 - Potência medida (watts);
 - Temperatura de cor correlacionada (CCT);
 - Índice de reprodução de cor (CRI);
 - Garantia;
 - LED de luz de manutenção (como uma porcentagem de emissão de luz inicial há um tempo fixo).

[RESPOSTA LG]: A unidade de negócios Energy Solutions, na qual a área de iluminação está inserida, desenvolve e fabrica seus produtos em sua matriz na Coreia de Sul. A LG Electronics possui uma integração vertical em relação às suas lâmpadas e luminárias, ou seja, fabrica desde o wafer, passando pelo componente, até o produto final. Todos os produtos são 100% testados ao final do processo produtivo. Também são realizados outros testes com amostras de lotes de produção como por exemplo: vida útil e confiabilidade, goniofotometria, testes contra intempéries como spray de sal para simulação de maresia, chuva para testes de vedação e vibração.

- 2- Os produtos são de propriedade intelectual (IP) de quem?

[RESPOSTA LG]: Algumas partes e peças dos produtos são de propriedade da LG Electronics e registrados com patentes, tais como: difusor das lâmpadas e luminárias e a tecnologia da lâmpada de Plasma.

- 3- Qual a avaliação de desempenho do fabricante LED e sua classificação no sistema para o produto final?

[RESPOSTA LG]: O componente LED é fabricado pela própria LG Electronics através de sua subsidiária LG Innotek.

- 4- Qual a precaução que a empresa toma para garantir que o LED selecionado vai atender o desempenho e requisitos para qual é avaliado? A sua empresa compartilha os dados que mostram o processo de seleção e testes do LED?

[RESPOSTA LG]: Os dados da fabricação do LED podem ser compartilhados com o cliente, se for necessário.

- 5- Seu produto apresentado em LED foi testado pela LM80 para demonstrar L70 (vida após 6.000 horas de teste)? Se sim, compartilhar seus dados LM80 e modelo de vida que foi utilizado para demonstrar a vida L70.

[RESPOSTA LG]: Sim, todos os nossos produtos são testados seguindo a norma LM80 e o relatório segue com a resposta ao questionário.

- 6- Seu produto LED atende os requisitos da LM79? Se sim, fornecer o relatório de ensaio da LM79 do laboratório de testes NVLAP conhecida.

[RESPOSTA LG]: Nossos produtos são testados seguindo norma LM80 apenas.

- 7- Sua empresa desenha os termos de confiabilidade ou apenas faz um teste de confiabilidade para demonstrar o desempenho de longo prazo do seu produto? Sua empresa pode compartilhar o processo de confiabilidade de desenvolvimento do produto. Qual a metodologia? Six Sigma?

[RESPOSTA LG]: A LG realiza teste de confiabilidade em sua fábrica na Coreia do Sul



Life is Good when it is Green.

8- Que tipo de teste sua empresa executa para validar a vida do produto em operação segura? Favor compartilhar o resultado dos testes.

[RESPOSTA LG]: A LG realiza teste de confiabilidade em sua fábrica na Coréia do Sul

9- Que ações ocorrem na fábrica para garantir que o produto irá funcionar corretamente quando instalado pelo cliente?

[RESPOSTA LG] : Conforme informado acima, os produtos são 100% testados ao final do processo de produção e todos acompanham manual de instalação.

10- Como sua empresa pode garantir que o produto continuará a atender a especificação?

[RESPOSTA LG] : A LG Electronics é empresa certificada pela ISO9001 e outras certificações relativas a qualidade de seus processos de fabricação.

NOTA:

IES LM-79 para o fluxo total e cor (obrigatória métrica rótulo; LM-79 seções 9 e 12);
 IES LM-79 para a distribuição de intensidade (de métricas opcionais; LM-79 seção 10);
 Teste de medição de temperatura (ISTMT);
 IES LM-80.

Para complementar nos relatórios, não deve faltar o fator de potência maior que 0,95 bivolt automático (127/220V). Fator de eficiência (potencia luminosa/potencia total consumida) acima de 80 lumens por watt. IRC maior de 90 e o valor da cromaticidade em Kelvin. Ensaio de distribuição fotométrica em laboratórios sem vínculo com o setor privado e distribuição dos arquivos de distribuição fotométrica (IES).

Gerente Geral – Energy Solution

ANEXO - PARTE 3

Catálogos de luminárias (exemplos)

LUXPOINT™ MACRO

Data Sheet



LUXPOINT™ MACRO is 8-inch recessed LED down light to replace the traditional CFL counterpart. With OSRAM's strong technical know-how in making high-efficient and extremely reliable lighting product with great visual comfort, it is an ideal replacement for 2x18W, 2x26W and 2x32W CFL down lights.

BENEFITS

- Save 40% energy compared to general CFL
- Product lifetime 50,000hrs
- Uniform & low glare optical
- High Efficacy version available

APPLICATION

- General indoor illumination
- High ceiling areas such as shopping mall, airport, commercial building lobby
- Replace 2x18W CFL: LXPT MACRO 12 ECO
- Replace 2x26W / 2x32W CFL: LXPT MACRO 20ECO & 20HE

SPECIFICATION: LUXPOINT™ MACRO 20 HE

Item	Parameter	LXPT MC20 HE WT 830 L90	LXPT MC20 HE WT 840 L90	LXPT MC20 HE WT 765 L90
Light Output ⁽¹⁾	CCT (K)	3000K	4000K	6500K
	Lumens (lm)	2300	2500	2900
	Candela (cd)	1150	1250	1400
	Beam Angle	90°	90°	90°
	Efficacy (lm/W)	70	76	88
	CRI	80	80	70
	Lifetime	50,000 hours	50,000 hours	50,000 hours
Electrical ⁽²⁾	Input (V)	220 ~ 240 Vac		
	Frequency (Hz)	50 / 60		
	Power Consumption (W)	33		
	Power Factor	0.95		
Mechanical	Dimension (mm)	Ø230 x 140 (H)		
	Mounting Holes	Ø200mm		
	Allowable mounting surface thickness	2~20mm		
	Optics	Reflector (PE) with Diffuser Cover (PC)		
	Net Weight (g)	1400 g		
Temperature ⁽³⁾	Ambient (°C)	-20°C to 40°C		
	Storage (°C)	-30°C to 80°C		
Standard Compliance	IP Rating	IP20 / IP44(downward)		
	Safety Class	Class II		
	Approval Standard	IEC62031, IEC60598-1, IEC60598-2-2, EN61000-3-2, EN55015, EN61547, IEC62471, JDS22		
	Flammability	F, MM		
	Environment	RoHS		
Packaging	Standard white box	Installation Manual included		

(1)Due to the special conditions of manufacturing processes of LED, the typical data of technical parameters can only reflect statistical figures and do not necessarily correspond to the actual parameters of individual product which could differ from the typical data.

(2)Exceeding maximum ratings for operation voltage will cause hazardous overload and will likely destroy the LED luminaire.

(3)Exceeding maximum ratings for operation and storage temperature will reduce expected life time or destroy the LED luminaire.

SPECIFICATION: LUXPOINT™ MACRO 20 ECO

Item	Parameter	LXPT MC20 ECO WT 830 L90	LXPT MC20 ECO WT 840 L90	LXPT MC20 ECO WT 765 L90
Light Output ⁽¹⁾	CCT (K)	3000K	4000K	6500K
	Lumens (lm)	2250	2350	2800
	Candela (cd)	1100	1150	1400
	Beam Angle	90°	90°	90°
	Efficacy (lm/W)	64	66	80
	CRI	80	80	70
	Lifetime	50,000 hours	50,000 hours	50,000 hours
Electrical ⁽²⁾	Input (V)	220 ~ 240 Vac		
	Frequency (Hz)	50 / 60		
	Power Consumption (W)	35		
	Power Factor	0.95		
Mechanical	Dimension (mm)	Ø230 x 140 (H)		
	Mounting Holes	Ø200mm		
	Allowable mounting surface thickness	2~20mm		
	Optics	Reflector (PE) with Diffuser Cover (PC)		
	Net Weight (g)	1400 g		
Temperature ⁽³⁾	Ambient (°C)	-20°C to 40°C		
	Storage (°C)	-30°C to 80°C		
Standard Compliance	IP Rating	IP20 / IP44(downward)		
	Safety Class	Class II		
	Approval Standard	IEC62031, IEC60598-1, IEC60598-2-2, EN61000-3-2, EN55015, EN61547, IEC62471, JDS22		
	Flammability	F, MM		
	Environment	RoHS		
Packaging	Standard white box	Installation Manual included		

(1)Due to the special conditions of manufacturing processes of LED, the typical data of technical parameters can only reflect statistical figures and do not necessarily correspond to the actual parameters of individual product which could differ from the typical data.

(2)Exceeding maximum ratings for operation voltage will cause hazardous overload and will likely destroy the LED luminaire.

(3)Exceeding maximum ratings for operation and storage temperature will reduce expected life time or destroy the LED luminaire.

SPECIFICATION: LUXPOINT™ MACRO 12 ECO

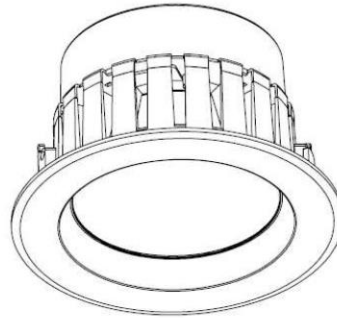
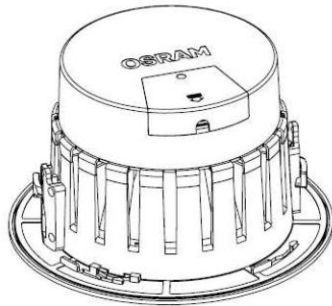
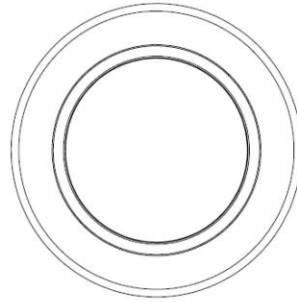
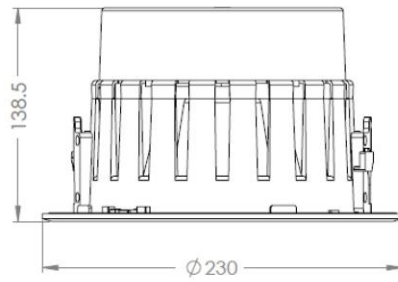
Item	Parameter	LXPT MC12 ECO WT 830 L90	LXPT MC12 ECO WT 840 L90	LXPT MC12 ECO WT 765 L90
Light Output ⁽¹⁾	CCT (K)	3000K	4000K	6500K
	Lumens (lm)	1500	1650	2000
	Candela (cd)	740	810	980
	Beam Angle	90°	90°	90°
	Efficacy (lm/W)	63	69	83
	CRI	80	80	70
	Lifetime	50,000 hours	50,000 hours	50,000 hours
Electrical ⁽²⁾	Input (V)	220 ~ 240 Vac		
	Frequency (Hz)	50 / 60 Hz		
	Power Consumption (W)	24		
	Power Factor	0.9		
Mechanical	Dimension (mm)	Ø230 x 140 (H) mm		
	Mounting Holes	Ø 200mm		
	Allowable mounting surface thickness	2~20mm		
	Optics	Reflector (PE) with Diffuser Cover (PC)		
	Net Weight (g)	1400 g		
Temperature ⁽³⁾	Ambient (°C)	-20°C to 40°C		
	Storage (°C)	-30°C to 80°C		
Standard Compliance	IP Rating	IP20 / IP44(downward)		
	Safety Class	Class II		
	Approval Standard	IEC62031, IEC60598-1, IEC60598-2-2, EN61000-3-2, EN55015, EN61547, IEC62471, JDS22		
	Flammability	F, MM		
	Environment	RoHS		
Packaging	Standard white box	Installation Manual included		

(1)Due to the special conditions of manufacturing processes of LED, the typical data of technical parameters can only reflect statistical figures and do not necessarily correspond to the actual parameters of individual product which could differ from the typical data.

(2)Exceeding maximum ratings for operation voltage will cause hazardous overload and will likely destroy the LED luminaire.

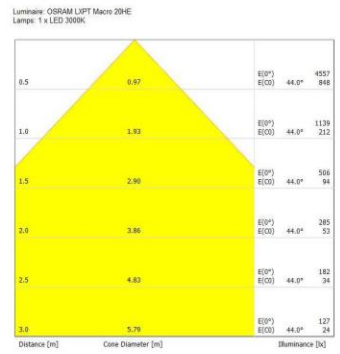
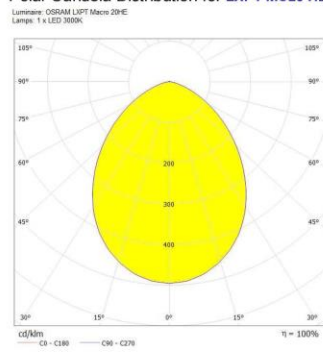
(3)Exceeding maximum ratings for operation and storage temperature will reduce expected life time or destroy the LED luminaire.

DRAWINGS

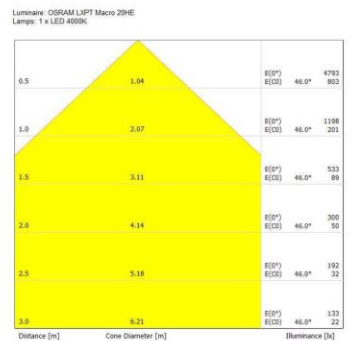
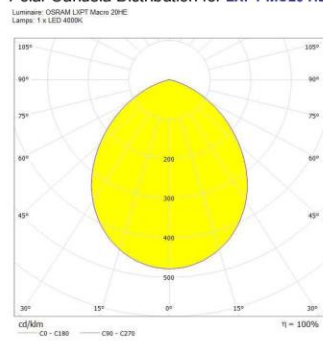


PHOTOMETRICS

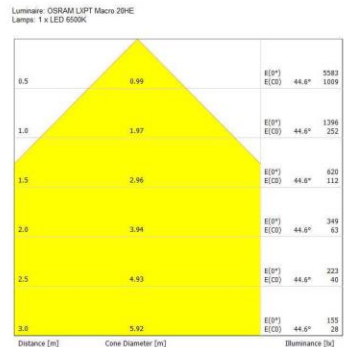
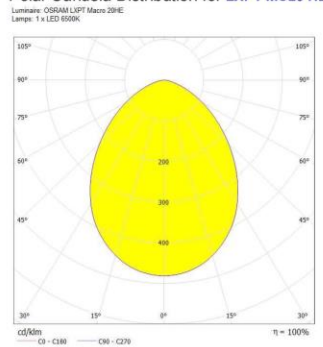
Polar Candela Distribution for LXPT MC20 HE 3000K



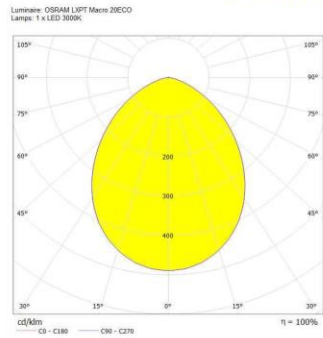
Polar Candela Distribution for LXPT MC20 HE 4000K



Polar Candela Distribution for LXPT MC20 HE 6500K



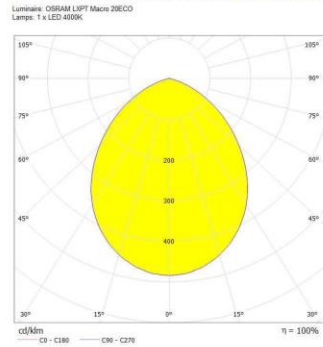
Polar Candela Distribution for LXPT MC20 ECO 3000K



Luminaire: OSRAM LXPT Macro 20ECO
Lamps: 1 x LED 3000K

Distance [m]	Cone Diameter [m]	E(0°) E(CC)	illuminance [lx]
0.5	0.98	E(0°) E(CC) 44.2°	4308 793
1.0	1.95	E(0°) E(CC) 44.2°	1077 198
1.5	2.93	E(0°) E(CC) 44.2°	479 88
2.0	3.90	E(0°) E(CC) 44.2°	269 50
2.5	4.88	E(0°) E(CC) 44.2°	172 32
3.0	5.85	E(0°) E(CC) 44.2°	120 22

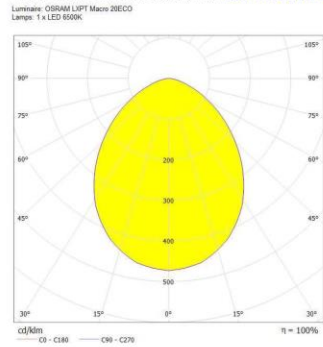
Polar Candela Distribution for LXPT MC20 ECO 4000K



Luminaire: OSRAM LXPT Macro 20ECO
Lamps: 1 x LED 4000K

Distance [m]	Cone Diameter [m]	E(0°) E(CC)	illuminance [lx]
0.5	1.02	E(0°) E(CC) 45.6°	4551 781
1.0	2.04	E(0°) E(CC) 45.6°	1138 195
1.5	3.06	E(0°) E(CC) 45.6°	506 87
2.0	4.08	E(0°) E(CC) 45.6°	284 49
2.5	5.11	E(0°) E(CC) 45.6°	182 31
3.0	6.13	E(0°) E(CC) 45.6°	126 22

Polar Candela Distribution for LXPT MC20 ECO 6500K



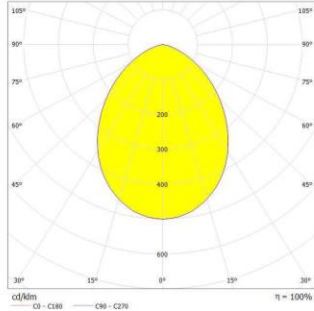
Luminaire: OSRAM LXPT Macro 20ECO
Lamps: 1 x LED 6500K

Distance [m]	Cone Diameter [m]	E(0°) E(CC)	illuminance [lx]
0.5	1.00	E(0°) E(CC) 45.0°	5288 938
1.0	2.00	E(0°) E(CC) 45.0°	1325 235
1.5	3.00	E(0°) E(CC) 45.0°	589 104
2.0	4.00	E(0°) E(CC) 45.0°	331 59
2.5	5.00	E(0°) E(CC) 45.0°	212 38
3.0	6.00	E(0°) E(CC) 45.0°	147 26

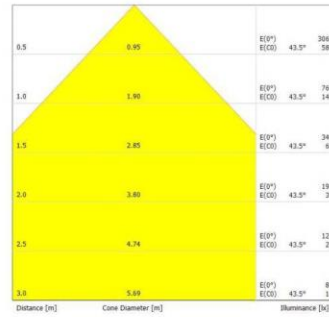
Polar Candela Distribution for LXPT MC12 ECO 3000K



Luminaire: OSRAM LXPT Macro 12ECO
Lamps: 1 x LED 3000K

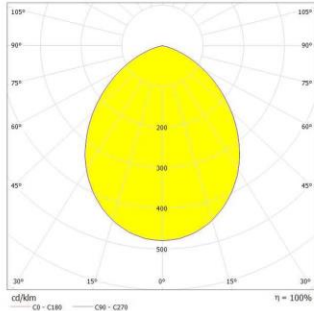


Luminaire: OSRAM LXPT Macro 12ECO
Lamps: 1 x LED 3000K

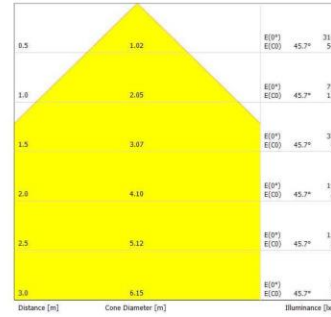


Polar Candela Distribution for LXPT MC12 ECO 4000K

Luminaire: OSRAM LXPT Macro 12ECO
Lamps: 1 x LED 4000K

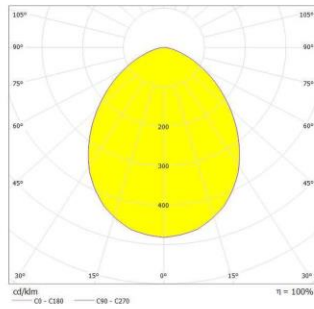


Luminaire: OSRAM LXPT Macro 12ECO
Lamps: 1 x LED 4000K

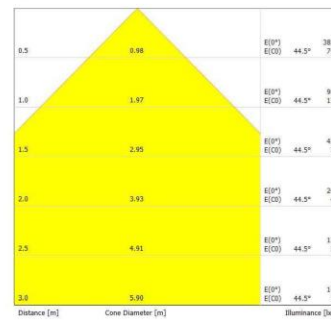


Polar Candela Distribution for LXPT MC12 ECO 6500K

Luminaire: OSRAM LXPT Macro 12ECO
Lamps: 1 x LED 6500K



Luminaire: OSRAM LXPT Macro 12ECO
Lamps: 1 x LED 6500K



Due to the special conditions of manufacturing processes of LED, the polar candela distribution and distance illuminance can only reflect statistical figures and do not necessarily correspond to the actual parameters of each single product which could differ from the typical data.



SAFETY NOTE

- The luminaire shall, under no circumstances, be covered with insulating matting or similar material.
- The LED luminaire itself and all its components may not be mechanical stressed.
- Assembly must not damage or destroy conducting paths on the circuit board.
- Installation of LED luminaire with (power supplies) needs to be made with regard to all applicable electrical and safety standards. Only qualified personnel should be allowed to perform installations.
- Correct electrical polarity needs to be observed. Wrong polarity may destroy the luminaires and will result in no light emission.
- Damage by corrosion will not be honored as a materials defect claim. It is the user's responsibility to provide suitable protection against corrosive agents such as moisture and condensation and other harmful elements.
- The design of the housing should be according to the IP standards in the application.

ORDERING CODE

Product Name	Product Code	EAN10	EAN40	Pcs/Box
LUXPOINT™ MACRO 20HE	LXPT MC20 HE WT 830 L90	4008321992482	4008321992512	4pcs
LUXPOINT™ MACRO 20HE	LXPT MC20 HE WT 840 L90	4008321992499	4008321992529	4pcs
LUXPOINT™ MACRO 20HE	LXPT MC20 HE WT 765 L90	4008321992604	4008321992635	4pcs
LUXPOINT™ MACRO 20ECO	LXPT MC20 ECO WT 830 L90	4008321992505	4008321992536	4pcs
LUXPOINT™ MACRO 20ECO	LXPT MC20 ECO WT 840 L90	4008321992543	4008321992574	4pcs
LUXPOINT™ MACRO 20ECO	LXPT MC20 ECO WT 765 L90	4008321992628	4008321992642	4pcs
LUXPOINT™ MACRO 12ECO	LXPT MC12 ECO WT 830 L90	4008321992550	4008321992581	4pcs
LUXPOINT™ MACRO 12ECO	LXPT MC12 ECO WT 840 L90	4008321992567	4008321992598	4pcs
LUXPOINT™ MACRO 12ECO	LXPT MC12 ECO WT 765 L90	4008321992611	4008321992659	4pcs

SALES & TECHNICAL SUPPORT**OSRAM Asia Pacific**

30th Floor, China Resource Building,
26 Harbour Road, Wanchai, Hong Kong
+852 3652 5678
www.osram.com

Sales and technical support is given by the local OSRAM subsidiaries. Complete subsidiaries listing is available at OSRAM homepage.

LUMICENTER
L I G H T I N G

Ficha Técnica

DOWNLIGHT LED EF42-E14000740

LED SOLUTION
L U M I C E N T E R

LUMICENTER
L I G H T I N G

DOWNLIGHT LED EF42 **ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS**

Os produtos equipados com o módulo de LED LightIS oferecem o melhor da Tecnologia Lumicenter LED Solution, com produtos desenvolvidos para se obter a melhor performance em produtos de LED para iluminação geral.

Fáceis de instalar e usar, os produtos com módulo de LED LightIS são excelentes alternativas para o uso de LEDs na iluminação geral de ambientes corporativos, lojas, hotéis, restaurantes e residências, proporcionando economia de energia e de manutenção, alta qualidade de luz e longa durabilidade.



CARACTERÍSTICAS

- Tecnologia Lumicenter LEDSolution
- Produto equipado com módulo de LED LightIS desenvolvido e produzido pela Lumicenter
- Luz difusa e homogênea através de câmara de mistura e difusor em acrílico
- Temperatura de cor de 4000K
- Fluxo luminoso nominal de 4000lm
- Dissipador projetado para a máxima performance e durabilidade do conjunto
- Projeto Integrado, com driver multi-tensão acoplado ao módulo
- Instalação facilitada por conector de engate rápido
- Vida útil de 50.000 horas (L70)

LED SOLUTION
L U M I C E N T E R

Lumicenter Lighting

Tel. (41) 2103-2750 / Fax.(41)2103-2760
Endereço. Av Rui Barbosa, 3770 - SJP/PR
website. www.lumicenter.com

A Lumicenter reserva-se o direito de alterar seus produtos sem prévio aviso.

LUMICENTER
L I G H T I N G

SISTEMA DE CODIFICAÇÃO

Embutido Fixo	Nº Sequencial	Embutir	Nº Módulos	Fluxo Luminoso*	IRC ≥70	Kelvin X100
EF	42	E	1	4000	7	40

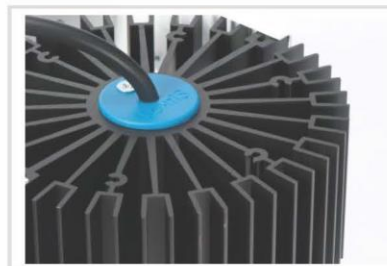
*Fluxo luminoso nominal do módulo de LED instalado.

CARACTERÍSTICAS

CÓDIGO	FLUXO LUMINOSO*	POTÊNCIA TOTAL**	EFICIÊNCIA	TEMP. DE CDR	IRC	TENSÃO / FREQ	CORRENTE	FATOR DE POTÊNCIA DRIVER	THD DRIVER	VIDA ÚTIL
EF42-E14000740	4000lm	56W	71lm/W	4000K	70	AC 100~250V 50/60Hz	700mA	0,98	10%	50.000h @ L70

*Fluxo luminoso final da luminária, já considerando perdas do sistema.

**Consumo total, LEDs + Driver



LED SOLUTION
LUMICENTER

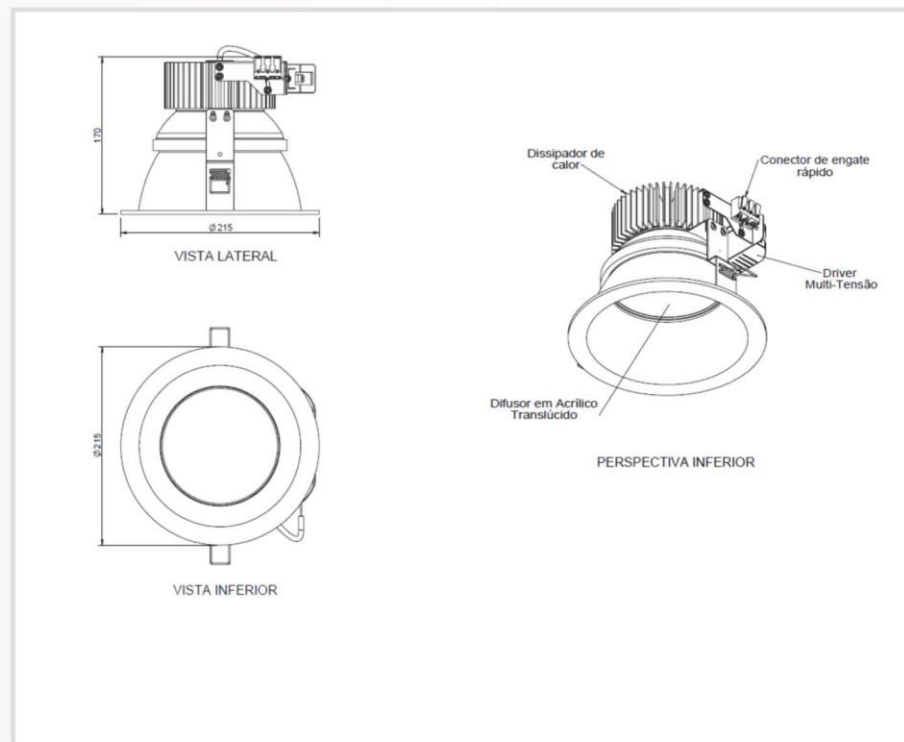
Lumicenter Lighting

Tel. (41) 2103-2750 / Fax.(41)2103-2760
Endereço. Av Rui Barbosa, 3770 - SJP/PR
website. www.lumicenter.com

A Lumicenter reserva-se o direito de alterar seus produtos sem prévio aviso.

LUMICENTER
L I G H T I N G

DESENHOS TÉCNICOS



LED SOLUTION
LUMICENTER

Lumicenter Lighting

Tel. (41) 2103-2750 / Fax.(41)2103-2760
Endereço. Av Rui Barbosa, 3770 - SJP/PR
website. www.lumicenter.com

A lumicenter reserva-se o direito de alterar seus produtos sem prévio aviso.

INDOOR LUMINAIRE

**LG LED
DOWNLIGHT**
37W (8 inch)



MODEL NO	D8A037EDFO	D8A0373EDFO	D8A0375EDFO
POWER	37	37	37
LUMINOUS FLUX	lm	2,500	2,600
LUMINOUS EFFICACY	lm/W	68	70
CCT	K	3,000	5,000
CRI	Ra	80	80
BEAM ANGLE	°	100	100
DIMMING		0-10V	0-10V
POWER FACTOR		> 0.9	> 0.9
IP		IP40	IP40
IK		IK05	IK05
GLOW WIRE TEST	°C	850	850
LIFETIME	hrs	50,000	50,000
SIZE	ØWH	223 X 111	223 X 111
NET WEIGHT	g	1,360	1,360
INPUT VOLTAGE	VAC	100-240	100-240

64_2013.LG.LED.LIGHTING
*The specifications and certification may be subject to change without prior notice.

PHOTOMETRIC DATA



Product	Luminance Intensity Distribution	Cone Lux Diagram
37W (8 inch) D8A037EDFO		
D8A0373EDFO		
D8A0375EDFO		