

KENNEDY FILIPE DE OLIVEIRA VERLY  
MARCUS VINICIUS MENDONÇA DE OLIVEIRA

**ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DA  
IMPLANTAÇÃO DA TECNOLOGIA LED NA  
ILUMINAÇÃO PÚBLICA DE IPANEMA MG**

BACHARELADO  
EM  
ENGENHARIA ELÉTRICA

DOCTUM – MINAS GERAIS  
2014

KENNEDY FILIPE DE OLIVEIRA VERLY  
MARCUS VINICIUS MENDONÇA DE OLIVEIRA

# **ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DA IMPLANTAÇÃO DA TECNOLOGIA LED NA ILUMINAÇÃO PÚBLICA DE IPANEMA MG**

Projeto de Monografia apresentado à banca examinadora da Faculdade de Engenharia Elétrica, do Instituto Doctum de Educação e Tecnologia de Caratinga, como exigência parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Elétrica sob orientação do professor Aganoel Cavalcante.

DOCTUM – CARATINGA  
2014

## **AGRADECIMENTOS – KENNEDY FILIPE DE OLIVEIRA VERLY**

Agradeço, primeiramente, a Deus por ter me guiado no limite de minhas forças, me dado conforto e sabedoria para que esse trabalho pudesse ser concretizado.

Expresso meu reconhecimento e gratidão àqueles contribuíram para a realização desse trabalho direta ou indiretamente – à minha esposa Jéssyca que com seu amor me acalmou e me incentivou quando precisava, minha família e amigos, pela solidariedade, paciência e compreensão.

Agradecemos a todos os professores que com muita competência participaram da nossa formação acadêmica.

Gostaria de agradecer ao nosso orientador pela orientação oferecida no desenvolvimento deste Trabalho de Conclusão de Curso.

Agradecemos, ainda, à banca avaliadora, pela atenção.

## **AGRADECIMENTOS – MARCUS VINÍCIUS M. DE OLIVEIRA**

Agradeço a Deus por ter me guiado, me dado conforto e sabedoria para que esse trabalho pudesse ser concretizado.

Expresso meu reconhecimento e gratidão àqueles contribuíram para a realização desse trabalho direta ou indiretamente – à minha namorada Letícia, minha família e amigos, pela solidariedade, paciência e compreensão.

Agradecemos a todos os professores que com muita competência participaram da nossa formação acadêmica.

Gostaria de agradecer ao nosso orientador pela orientação oferecida no desenvolvimento deste Trabalho de Conclusão de Curso.

Agradecemos, ainda, à banca avaliadora, pela atenção.

*“As palavras dos sábios devem em silêncio ser ouvidas, mais do que  
o clamor do que domina sobre os tolos.”*

*Eclesiastes 9.17*

## LISTA DE EQUAÇÕES

**EQUAÇÃO 1:** Vida útil lâmpada LED.

**EQUAÇÃO 2:** Vida útil lâmpada VS.

**EQUAÇÃO 3:** Vida útil lâmpada VM.

**EQUAÇÃO 4:** Fator de Benefícios e Custos (FBC).

**EQUAÇÃO 5:** Fator de Valor Presente (FVP).

**EQUAÇÃO 6:** Valor Presente Líquido (VPL).

## LISTA DE GRÁFICOS

**GRÁFICO 1:** Fluxo Luminoso x Corrente Direta do LED.

**GRÁFICO 2:** Emissão de fluxo luminoso x temperatura de junção do LED.

**GRÁFICO 3:** Fluxo luminoso x tempo de utilização do LED.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- FIGURA 1:** Sistema de um circuito de iluminação básico.
- FIGURA 2:** Tipos de LED.
- FIGURA 3:** Formação do LED branco através de três LEDs coloridos.
- FIGURA 4:** Formação do LED branco através da união do LED azul com fósforo.
- FIGURA 5:** Formação do LED branco através da união do LED UV com fósforo.
- FIGURA 6:** Temperatura de cor da luz branca.
- FIGURA 7:** Composição do LED de alta potência.
- FIGURA 8:** Aproveitamento do fluxo luminoso do LED em comparação às lâmpadas de descarga.
- FIGURA 9:** Caminho elétrico e térmico do LED.
- FIGURA 10:** Comparação da luz LED x VS.
- FIGURA 11:** Composição das lâmpadas VS e VM.
- FIGURA 12:** Espalhamento do fluxo luminoso pelas luminárias.
- FIGURA 13:** Iluminação Pública de Ipanema/MG.

## LISTA DE SIGLAS

Av: Avenida

EE: Energia Economizada

ELETOBRAS: Centrais Elétricas Brasileiras S.A.

FBC: Fator de Benefício e Custos

FRC: Fator de Recuperação do Capital

FVP: Fator de Valor Presente

GW/h: Giga watt-hora

IP: Iluminação Pública

IRC: índice de reprodução de cores

km: quilômetros

LED: Diodo Emissor de Luz (light emitting diodes)

lm/w: lúmen por watt

mm<sup>2</sup>: milímetros ao quadrado

MG: Minas Gerais

MWh/ano: Mega Watts hora por ano

PPP: Parceria Público Privada

PROCEL: Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica.

PROCEL RELUZ: Programa Nacional de Iluminação Pública e Sinalização Semafórica Eficientes

RD: Redução de Demanda

SSL:Luz em estado sólido (Solid State Light)

VM: Vapor de Mercúrio

VPL: Valor Presente Líquido

VS: Vapor de Sódio

## LISTA DE TABELAS

- TABELA 1:** Rendimento das fontes luminosas.
- TABELA 2:** Distribuição da IP no Brasil.
- TABELA 3:** Comparação de dados técnicos: Luminárias sistema atual x luminárias sistema proposto.
- TABELA 4:** Custos unitários de equipamentos, mão de obra e demais custos para implantação do sistema de iluminação pública a LED em Ipanema/MG.
- TABELA 5:** Custo de investimento inicial com equipamentos específicos de cada sistema.
- TABELA 6:** Estimativa de Consumo de Energia Elétrica do Sistema com lâmpadas de descarga empregado em Ipanema MG e do Sistema com luminárias LED em 14 Anos (Vida Útil Da Luminária LED em referência).
- TABELA 7:** Custos manutenção dos sistemas LED e VS e VM em 14 anos. Manutenção da metade do Sistema LED.
- TABELA 8:** Custos manutenção dos sistemas LED e VS e VM em 14 anos. Manutenção no máximo de sua vida útil.
- TABELA 9:** Cálculo simplificado do custo total do investimento e consumo de energia em 14 anos – Sistema atual x Sistema proposto. Considerando manutenção em 1/2 do sistema a LED nesse período.
- TABELA 10:** Cálculo simplificado do custo total do investimento e consumo de energia em 14 anos – Sistema atual x Sistema proposto. Considerando manutenção em 20% do sistema.
- TABELA 11:** Estimativa de fluxos de benefícios e custos da troca do sistema atual de Ipanema/MG pelo sistema a LED. Parâmetro (A).
- TABELA 12:** Estimativa de fluxos de benefícios e custos da troca do sistema atual de Ipanema/MG pelo sistema a LED. Parâmetro (B).
- TABELA 13:** Valores obtidos para o método do valor presente líquido, com juros de 8% a.a. Parâmetro (A).
- TABELA 14:** Valores obtidos para o método do valor presente líquido, com juros de 8% a.a. Parâmetro (B).

## RESUMO

Esse trabalho coloca em pauta a viabilidade econômica da utilização da tecnologia LED na iluminação pública tendo em vista a cidade de Ipanema – Minas Gerais como caso a ser estudado. O estudo é feito de maneira a demonstrar que o atual estágio do LED permite que ele seja uma ferramenta de auxílio nas reduções de demanda, consumo de energia elétrica e necessidade de manutenção do sistema de IP, e que sua aplicação em substituição às lâmpadas de descarga mesmo que a um custo inicial elevado, possibilita um retorno em médio prazo do investimento, mantendo o nível de luminosidade do sistema. Para se chegar a um resultado satisfatório são discriminadas algumas das peculiaridades da iluminação a LED destacando sua alta eficiência luminosa e energética. Ao adentrar nessas especificações é relevante também o levantamento conceitual realizado sobre iluminação pública enfatizando o modelo empregado no município, dando o suporte para a sequência do trabalho. Através de um estudo de caso, analisando o que é praticado pelo mercado torna se possível delimitar os custos das luminárias, os custos diretos e indiretos da implantação e os custos com a manutenção dos LEDs nesse tipo de sistema. Com a coleta dos dados o comparativo em relação ao modelo de iluminação atual do sistema é traçado, classificando assim a viabilidade econômica do LED nesse município, observando o retorno do investimento, eficiência e expectativa de vida útil após a implantação.

Palavras chave: LED, viabilidade econômica, iluminação pública, Ipanema/MG.

## **ABSTRACT**

This work brings forth the economic viability of the use of LED technology in street lighting with a view to the city of Brazil - Minas Gerais as a case study. The study is done in order to demonstrate that the current LED stage allows it to be an aid tool in demand reductions, energy consumption and the need for IP system maintenance, and its application in exchange for discharge lamps even if a high initial cost, allows a return in the medium term of the investment, keeping the system brightness level. To achieve a satisfactory result are discriminated some of LED lighting peculiarities of highlighting its high luminous efficiency and energy. When entering this specification is also relevant conceptual survey on public lighting emphasizing the model employed in the city, giving support to the sequence of work. Through a case study, analyzing what is practiced by the market becomes possible to identify the luminaire costs, direct and indirect costs of implementation and the cost of maintenance of the LEDs in this type of system. With the collection of comparative data in relation to the current lighting model of the system is drawn, thus classifying the economic viability of LED in this city, watching the return on investment, efficiency and expected life after deployment.

Keywords: LED, economic viability, public lighting, Ipanema/MG.

## SUMÁRIO

LISTA DE EQUAÇÕES .....	V
LISTA DE GRÁFICOS.....	VI
LISTA DE ILUSTRAÇÕES .....	VII
LISTA DE SIGLAS .....	VIII
LISTA DE TABELAS .....	IX
RESUMO.....	X
ABSTRACT .....	XI
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	14
<b>2. CONSIDERAÇÕES CONCEITUAIS</b> .....	18
<b>3. TECNOLOGIA LED</b> .....	26
3.1. APROVEITAMENTO DO FLUXO LUMINOSO .....	31
3.2. LUMINÁRIAS LED PARA ILUMINAÇÃO PÚBLICA E SUAS CARACTERÍSTICAS .....	33
<b>4. ILUMINAÇÃO PÚBLICA</b> .....	36
4.1 .CARACTERÍSTICAS DAS LÂMPADAS DE DESCARGA E LUMINÁRIAS TRADICIONAIS ATUALMENTE UTILIZADAS NA ILUMINAÇÃO PÚBLICA .....	37
4.2. ILUMINAÇÃO PÚBLICA DE IPANEMA/MG.....	42
<b>5. ESTUDO DE CASO DA VIABILIDADE ECONÔMICA DA TECNOLOGIA LED NA ILUMINAÇÃO PÚBLICA DE IPANEMA MG</b> .....	44
5.1. VIDA ÚTIL DAS LÂMPADAS .....	46
5.2. PROJEÇÃO DE CUSTOS COM INSTALAÇÃO.....	48
5.3. CUSTOS COM ENERGIA ELÉTRICA .....	52
5.4. PROJEÇÃO DE CUSTOS COM MANUTENÇÃO.....	53
5.5. CÁLCULO DE RETORNO FINANCEIRO .....	55
<b>6. CONCLUSÃO</b> .....	61
6.1. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .....	63

<b>7. REFERÊNCIAS .....</b>	<b>65</b>
<b>8. ANEXOS .....</b>	<b>69</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Um novo conceito de iluminação vem sendo estabelecido na última década: o emprego dos diodos emissores de luz, os LEDs (diodos emissores de luz). Eles são descritos como o terceiro estágio da lâmpada elétrica, sendo o primeiro estágio as lâmpadas de filamentos incandescentes de Thomas Edison, que ainda continuam a ser utilizadas e o segundo as lâmpadas fluorescentes que geram luz partindo de uma mistura de gases em um tubo revestido de fósforo.

Os LEDs já vêm sendo implantados com sucesso em sistemas residenciais, comerciais e industriais. Também já é possível constatar a sua aplicação em sistemas externos, como, aliás, é de objetivo nesse trabalho, porém para um resultado que vá estabelecer um melhor índice de custo benefício, é preciso uma discriminação mais ampla e adequada desse modelo, devido ao fato de seu uso ser recente e inovador.

No Brasil a grande quantidade de pontos de luz<sup>1</sup> na iluminação pública, foco deste trabalho, também sempre apontou para a necessidade de novas tecnologias que viessem a colaborar para a eficiência energética, mas também pudessem ajudar a solucionar problemas de cunho social em que ela está inteiramente presente como: acidentes de trânsito noturnos, o fluxo do tráfego e a segurança pessoal.

Este novo conceito de iluminação que é o LED traz consigo características que podem ser altamente viáveis na iluminação pública, mas a principal delas é de ser uma tecnologia que contraria o desperdício de energia. Além disso, a utilização de luminárias LED é altamente favorável na redução do custo com manutenção, devido sua vida útil elevada, e em se tratando de iluminação pública onde se utilizam milhares de luminárias essa é uma característica importante. É importante também destacar o aumento da qualidade da iluminação pública, pois a luz emitida pelo LED apresenta um índice de reprodução de cor - IRC mínimo de 70, contra um máximo de 25 das lâmpadas de Vapor de Sódio VS.

O LED é uma tecnologia promissora, tanto que nos Estados Unidos algumas cidades já optaram por substituir por ela as tecnologias antigas de suas iluminações públicas. No Brasil já foram elaborados alguns projetos de pequena escala como

---

<sup>1</sup> Termo usado na linguagem coloquial para definir uma unidade de geração de luz aplicada à iluminação urbana.

pode ser visto no Anexo 4, e há projetos de maiores proporções a serem desenvolvidos. Prova disso é que o prefeito da maior cidade do país, São Paulo, Fernando Haddad, apresentou uma PPP (Parceria Público Privada) para realizar a troca de 580 mil pontos de luz por luminárias a LED. O investimento inicial será de R\$ 1,8 bilhão e será a única no mundo nessa escala.

A maior desvantagem do LED, principalmente para iluminação pública, ainda é o alto preço das luminárias se comparada com as outras tradicionais, seu valor em média atinge R\$ 1.180,00 para uma luminária de 150W contra R\$ 391,50 de uma lâmpada de vapor de sódio de alta pressão de 400W, sua concorrente direta. Isso implica na necessidade de um estudo para constatar a viabilidade econômica da troca das lâmpadas atuais por luminárias a LED, sem que haja percas na qualidade do sistema. No entanto, há de se levar em conta além dos preços, os benefícios das luminárias desde a sua implantação até sua real necessidade de troca, como custos de energia e de operação.

Mediante a tais problemas, a proposta desse estudo de viabilidade econômica da tecnologia LED para a iluminação pública em geral é necessária, mas a abordagem principal desse trabalho será demonstrá-lo em uma cidade de pequeno porte, como Ipanema MG, de 18.170 habitantes. Olhando pela quantidade de pontos de luz isso pode ser um aspecto facilitador, mas olhando pelo tempo de retorno do investimento pode ser um agravante. É importante ressaltar que um estudo como esse consiste em uma possibilidade de atingir níveis superiores quanto às características técnicas e em conseqüência as características sociais apresentadas pela iluminação atual.

No âmbito pessoal, esse trabalho apresenta uma possibilidade real de adentrar nos conceitos da luminotécnica e nas técnicas de iluminação pública existentes, podendo deixar como contribuição um estudo sobre a viabilidade econômica da implantação dessa tecnologia em cidades com portes e economia semelhantes à Ipanema MG.

De cunho social esse projeto pode colaborar com a redução dos índices de criminalidade nas vias públicas, diminuir os índices de acidente de trânsito ocorrido entre os limites da zona urbana do município e reduzir os gastos com a iluminação pública e conseqüentemente a tarifa de iluminação pública desonerando em grande parte o consumidor. Todas essas possíveis mudanças de índices inicialmente contemplariam a população de Ipanema MG, mas poderiam se estender a outras

populações com futuras implantações do LED em outras cidades.

De contribuição para a Engenharia Elétrica a investigação do tema deixa implícita a necessidade da construção de novos estudos e projetos que irão convencer o leitor de sua relevância favorecendo o aprimoramento das correntes doutrinárias já existentes. Em alguns casos, o que se pode relatar é uma quantidade relativamente grande de estudos sobre a viabilidade econômica do LED, e a escassez daqueles que abordam temas mais específicos como sua aplicação em sistemas públicos de iluminação, principalmente estudos que parametrizam essa aplicação a cidades de pequeno porte.

O objetivo geral desse estudo então é analisar a viabilidade econômica através de um estudo de caso da implantação da tecnologia LED na iluminação pública de Ipanema/MG.

Os objetivos específicos são:

- Analisar a teoria sobre conceitos de luz e iluminação, fazendo uma abordagem na iluminação pública.
- Analisar a teoria sobre o LED, todas as suas características e dados coletados de comparações com outras fontes de luz, além de sua possibilidade de implantação em sistemas públicos de iluminação.
- Realizar o estudo de caso com base nos dados coletados junto a CEMIG (Companhia Energética de Minas Gerais) sobre o atual modelo de IP da cidade de Ipanema/MG e das luminárias disponíveis no mercado brasileiro, realizando o comparativo de consumo entre o sistema com LEDs e o sistema substituído, levantando os gastos com a implantação e a necessidade de manutenção.
- Analisar o sistema como viável ou inviável economicamente.

Esse trabalho, portanto, busca estabelecer o estudo comparativo entre os modelos de iluminação pública com luminárias LED e lâmpadas de descarga, visando demonstrar que apesar do alto investimento com a tecnologia LED, o retorno se mostra compensatório.

O presente trabalho será composto por dois capítulos, respectivamente:

- No primeiro capítulo será colocado um estudo sobre os LEDs, apresentado e explicitando suas características, vantagens e desvantagens, enfatizando as especificações das luminárias LED para iluminação pública.

- No segundo capítulo será exposto um breve estudo sobre a Iluminação

Pública, abordando algumas de suas particularidades e especificando algumas características das lâmpadas de descarga, além disso, será realizado um levantamento das características da IP de Ipanema.

- Para finalizar, o terceiro capítulo é inteiramente dedicado ao uso das luminárias LED na iluminação pública da cidade de Ipanema MG. Será colocado nesse capítulo o estudo de caso da implantação da tecnologia LED na cidade, apresentando seu resultado de viabilidade econômica.

## 2. CONSIDERAÇÕES CONCEITUAIS

Atualmente o setor elétrico brasileiro encontra-se em dificuldade de estimular a responsabilidade dos municípios para com sua a gestão energética, pois trata se de um tema recente e que angaria maiores deveres aos gestores, ocasionando a não minimização do desperdício de energia pelos mesmos.

A IP (Iluminação Pública) pela atual legislação (2012) encaixa se nesse patamar de responsabilidades, sendo essencial para maior desenvolvimento social e econômico das cidades. (ELETROBRÁS, 2004, p.39).

Tal relevância para o bem estar do município expõe a necessidade de busca por avanços em âmbito nacional do aspecto econômico-financeiro e economicidade energética dos projetos.

Com essa necessidade de avanços, a ELETROBRAS apresentou em parceria com o Ministério de Minas e Energia em 2000 o PROCEL RELUZ – Programa Nacional De Iluminação Pública e Semafórica Eficientes, com objetivo de amenizar o consumo de energia elétrica nos atuais modelos de iluminação pública dos municípios, com meta anual de redução de 2400 GW/h. Esse programa estabelece uma série de medidas que em parceria com os municípios, estimulam o uso eficiente e consciente da energia elétrica. Entre essas medidas está a possibilidade de melhoria dos sistemas de IP existentes podendo ser realizada através de financiamento do governo correspondente a até 75% do valor do projeto (PROCEL INFO, 2014).

Esse modelo de programa implica a conclusão de que o município, seja ele qual for, possui o aparato da ELETROBRAS para melhorar sua IP, desde que manifeste a intenção em executar o convênio junto à concessionária de energia elétrica local, que solicitará o financiamento à estatal.

A iluminação pública trata-se do serviço que tem por objetivo providenciar luz ou claridade artificial às vias públicas (período noturno) e aos locais que necessitam de iluminação permanente (período diurno e noturno). As áreas com boa qualidade de iluminação apresentam efetivos resultados em (SECRETARIA DE ENERGIA DE SÃO PAULO, 2013, p.9,10):

**Inibição do crime:** a IP melhora a visibilidade, o sentido de orientação, e, conseqüentemente, a segurança, não somente pela possibilidade de melhor identificar potenciais perigos como por inibir ações criminosas.

**Promoção do jovem saudável:** com áreas bem iluminadas, pode-se fomentar a prática de atividades saudáveis nas áreas do esporte, lazer e da cultura, que afastam o jovem do crime e qualifica a sua presença nas ruas.

**Redução de acidentes de trânsito com pedestres e veículos:** a IP também contribui para reduzir as possibilidades de acidentes de trânsito com pedestres, como choques com obstáculos na altura do solo – meios-fios, buracos, irregularidades.

**Atração de turistas:** a IP também promove a sociabilidade, permitindo que as pessoas se vejam e se encontrem; realça certos objetos e valoriza monumentos e sítios históricos, tornando a cidade mais atraente para os turistas.

**Aumento da autoestima dos moradores:** viver em uma cidade amigável, onde se pode circular com segurança e ter vida noturna agradável, com a presença de amigos e visitantes, eleva a auto estima dos cidadãos residentes nela e melhora a visibilidade da Administração municipal.

A história da IP como descrita no Anexo 1 se confunde com a própria história da sociedade, desde épocas distantes ela vem se estabelecendo como uma auxiliadora na qualidade de vida do homem tendo fundamental importância para que ele pudesse desfrutar de um período maior de vida.

Na pré-história o homem utilizava o fogo originado da madeira para afugentar seus predadores e se aquecer, e indiretamente iluminar o ambiente a sua volta. Dada a importância do fogo, ele desenvolveu a necessidade de buscar pela manutenção da chama, procurando técnicas em que ele a pudesse controlar a fim de obter seus benefícios e mais precisamente a obter a iluminação do ambiente. Essa busca se iniciou com a queima de diversos combustíveis sólidos e líquidos, mas foi o estudo da eletricidade e da lâmpada o marco para alavancar de vez a sua qualidade de vida (ELETROBRAS, 2013, p. 6).

O modelo de IP presente hoje tem seu início provável na Inglaterra em 1415 quando comerciantes ingleses reivindicaram soluções de combate a criminalidade que os assolava aquela época. Assim como hoje, a iluminação pública proporcionou segurança para eles, além de um conforto maior quanto a outras questões citadas anteriormente. Porém, apesar de surgir na Inglaterra a primeira cidade a implantá-la em larga escala foi Paris na França, ainda reconhecida como a cidade das luzes, que a partir de 1662 passou a utilizar lâmpadas de azeite e velas de cera para iluminar seus logradouros.

No Brasil, seu início se deu precariamente apenas no século XVIII como está descrito no Anexo 2, com propósito apenas de ornamentação em edifícios públicos ou residências, onde ficavam fixadas ao lado de suas portas. Somente no ano de

1794 houve um avanço quando sua utilização passou a ser subsidiada pelos cofres públicos, havendo uma pequena implantação na então capital da colônia, o Rio de Janeiro; cerca de 100 lâmpões foram implantados para iluminar uma pequena parte da região central da cidade com propósito de melhorar a segurança. (SILVA, 2006, p.24,25).

A IP pode ser classificada em duas categorias: a Iluminação Pública Padrão, que se trata da iluminação de logradouros através de luminárias instaladas nos postes de distribuição de energia e a Iluminação Pública Especial, aquela de cunho ornamental, iluminando prédios públicos, pontos turísticos e o patrimônio artístico-cultural dos municípios. A sua estrutura básica é formada por lâmpadas, equipamentos auxiliares como relés fotoelétricos e reatores, luminárias, braços de sustentação das luminárias, postes, equipamentos de comando e proteção e o circuito de alimentação elétrica. Na Figura 1 segue o modelo básico de iluminação pública tradicionalmente utilizada no Brasil e na grande maioria dos países:

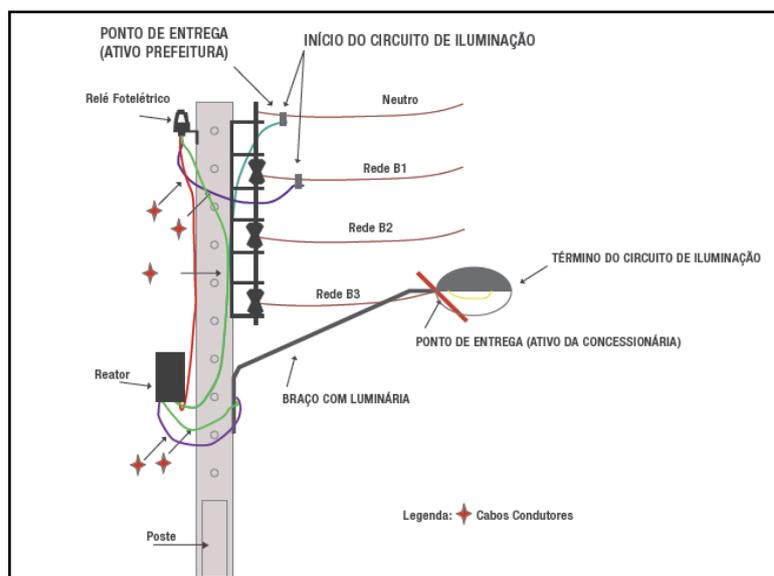


Figura 1: Sistema de um circuito de iluminação básico. Fonte: Secretaria de Energia do Governo do Estado de São Paulo, 2013. p.09,10.

Esse projeto visa trabalhar com a iluminação pública padrão, cuja qual tem por obrigação distribuir a luz, ou direcioná-la para os locais onde elas produziram um efeito útil, nesse caso o local transitável por veículos e as calçadas.

Desde a Constituição de 1988 a responsabilidade pelos parques de iluminação pública é do município (CONSTITUIÇÃO FEDERAL, 1988, art. 30),

porém atualmente essa responsabilidade ainda cabe às concessionárias de energia, pois nunca foram notificadas a fazer a transferência para o mesmo. A partir de 1º de janeiro de 2015 essa mudança será concretizada, criando a possibilidade para o município de gerir seu sistema de maneira autônoma, ou até mesmo de transferir essa responsabilidade para uma empresa gestora através de um contrato de prestação de serviço.

A grande possibilidade de mudança que pode ocorrer caso o município opte por gerir esse sistema será a de extinguir o conflito de interesse que sempre houve nessa gestão pelas concessionárias, uma vez que, sendo elas responsáveis pelos sistemas de distribuição de energia e pelos sistemas de iluminação pública, suas metas para redução de consumo da IP eram reduzidas, dado que a mesma tem por negócio principal a venda de energia.

O modelo de IP atualmente empregado nas vias públicas evoluiu junto ao avanço da tecnologia, porém uma de suas características de funcionamento que é ser iniciado no período das 18 horas, um horário crítico para os sistemas de energia elétrica, o faz continuar a ser objeto de políticas e estudos de desenvolvimento, pelo fato de sua demanda coincidir por algumas horas com a de indústrias e comércios acarretando sobrecarga aos sistemas.

No mundo, do total de energia elétrica gerada aproximadamente 30% é consumida com iluminação artificial. No Brasil, este número representa 17%, sendo que 3,5% do total da energia elétrica gerada destinam-se à IP onde existem cerca de 14,7 milhões de pontos de iluminação cadastrados.

As pesquisas realizadas sobre esses sistemas acarretaram em evoluções importantes como o desenvolvimento das lâmpadas de descarga que possuem bom fluxo luminoso e elevada vida útil. Hoje o sistema brasileiro é amplamente dominado por essa tecnologia, caracterizado em sua maioria pelas lâmpadas de vapor de sódio (VS), seguido pelas de vapor de mercúrio (VM) e multivapores metálicos

Algumas novas políticas para modernizar o sistema de IP brasileiro vêm sendo praticadas nos últimos cinco anos ocasionadas pelos investimentos em infraestrutura decorrentes da realização da Copa do Mundo no Brasil em 2014 e as Olimpíadas 2016. Nesse atual contexto o LED é uma tecnologia que vem recebendo destaque, sendo alvo de experiências na IP de vários estados, inclusive em Minas Gerais pela CEMIG (Companhia Energética de Minas Gerais).

Um sistema com luminárias LED possui características que podem confrontar e superar em eficiência um sistema baseado nas luminárias atuais, tanto que está por dominar rapidamente esse mercado como relata (RODRIGUES, 2012, p.50);

Apesar das boas características da tecnologia de iluminação baseada em vapor de sódio, uma silenciosa e rápida revolução no campo da iluminação pública vem sendo verificada nos últimos cinco anos. Trata-se da iluminação de estado sólido (SSL, do inglês solid state lighting), que é a iluminação empregando-se LEDs (diodos emissores de luz) de elevado brilho. Tendo começado a receber atenção e incentivo a partir do ano 2000, a SSL ganhou maior notoriedade após o ano 2005, quando projetos piloto foram implantados em algumas cidades do mundo.

O LED trata-se de um dispositivo semicondutor que emite luz com um determinado comprimento de onda quando polarizado na posição direta, ou seja, trabalha com polaridade. Trata-se de um diodo semicondutor em estado sólido. A luz é gerada dentro de um chip de aproximadamente 0,25 mm<sup>2</sup> que é um cristal em estado sólido dando significado ao termo inglês para definir essa nova forma de se fazer luz, o SSL (Solid State Light), luz em estado sólido.

Apesar de aparentar ser uma tecnologia nova, é uma fonte de luz existente há mais de cem anos, mas que só começou a ser empregada para iluminação de ambientes com a descoberta do LED azul (base para o LED branco) pelo Dr. Shuji Nakamura, em 1993. Desde então o que se observa em intervalos de tempo cada vez menores é uma evolução constante nos estudos pela melhoria do seu desempenho, caracterizado pela medida do fluxo luminoso por watt consumido (lm/w).

Ao determinar o rendimento das fontes luminosas postulantes no mercado para IP pode-se constatar a alta eficiência do LED de alta potência em lm/w. Sendo 1 lúmen (unidade para fluxo luminoso) igual a 0,001464W a Tabela 1 demonstra que as lâmpadas incandescentes possuem o menor rendimento alcançando valores de 2,3% e as lâmpadas VS adotadas como padrão na IP do Brasil tem rendimento máximo de 20,6%; similarmente observa-se que os LEDs, atingem 30,15% de eficiência (CARDOSO, 2003, p.04).

Tipo de lâmpada	Eficiência [lm/W]	Rendimento [%]
Incandescentes	10 a 15	1,5 a 2,3
Halógenas	15 a 25	2,2 a 3,8
Mista	20 a 35	2,9 a 5,2
Vapor de mercúrio	45 a 55	6,6 a 8,2
Fluorescente comum	55 a 75	8,1 a 11,1
Fluorescente compacta	50 a 85	7,3 a 12,5
Vapor Metálico	65 a 90	9,5 a 13,3
Fluorescente eficiente	75 a 90	11,0 a 13,3
VSAP	80 a 140	11,7 a 20,6
VSBP	130 a 200	19,0 a 29,3
LED	70 a 208	10,2 a 30,45

Tabela 1: Rendimento das fontes luminosas. Fonte: CARDOSO, 2003. p.04

Contudo, com toda eficiência demonstrada pelo LED, aliando grande capacidade de produzir luz com menor consumo de energia, o que ainda pode se constatar no Brasil são implantações isoladas e de pequeno porte desse modelo, devido ao receio por parte dos responsáveis pelo sistema de IP (concessionárias de energia e órgãos públicos) por elaborar um projeto de implantação em larga escala em função do seu custo inicial que ainda é elevado (2014).

No entanto, é preciso salientar que seu preço de mercado vem sendo atualizado constantemente, implicando na necessidade de estudos de viabilidade econômica que colaborem quanto à expectativa do seu retorno financeiro sem que haja perda em eficiência, colaborando para a mudança do cenário atual.

Se a carência por estudos de implantação dessa tecnologia nas grandes cidades já é elevada, no interior em cidades menores ela é ampliada. O município de Ipanema/MG, uma cidade de 18.170 habitantes, localizada no Vale do Rio doce à 356 km de Belo Horizonte, possui uma área de 456,641 km<sup>2</sup> onde estão recenseados 7.158 domicílios (IBGE, 2010). A cidade que possui como principais atividades econômicas a produção leiteira na zona rural, o comércio e serviços na zona urbana, é uma típica cidade do interior que não angaria de muitos recursos enviados pelas esferas administrativas estaduais e federais sendo como várias outras cidades com suas características carentes de investimentos em infraestrutura. E em se tratando de iluminação pública não é diferente, o atual modelo carece de uma maior eficiência luminosa e energética, podendo ser uma oportunidade viável a substituição da sua tecnologia que em sua maioria é baseada nas lâmpadas de descarga de VM e VS pela tecnologia LED.

Com fulcro nessas informações preliminares tem se como marco teórico desse trabalho a tese sustentada pelo autor (RODRIGUES, 2012, p.56,57);

Existe um grande potencial de efficientização dos sistemas de iluminação de vias públicas neste tipo de tecnologia (LED). Estas melhorias estão pautadas na redução da potência instalada, melhora geral na qualidade de energia, tanto pelo fator de potência elevado das luminárias LED, quanto na redução da injeção de corrente harmônica no sistema elétrico, desde que os drivers eletrônicos empregados sejam bem projetados. Diante da importância do sistema de iluminação pública para a qualidade de vida dos cidadãos de uma determinada região, a questão da utilização de LEDs deve ser abordada com mais profundidade.

Os desafios para a implantação de luminárias LED na iluminação viária de Ipanema MG passam pela escolha de luminárias que alcancem ou superem os níveis de luminosidade e eficiência energética atingidos com as lâmpadas de descarga do atual sistema aliada a prática de custos reduzidos na implantação e manutenção. É importante destacar que devido a pouca capacidade econômica do município é necessário que a execução do projeto possa utilizar a estrutura física atual da sua IP para instalar as luminárias não alterando a distância entre os postes nem a altura ou a inclinação do braço, isso acarretará em um ônus menor para seu erário.

Em concordância com a necessidade de elaboração desse estudo de viabilidade o autor (NASCIMENTO, 2012, p.02) destaca que;

Um dos importantes argumentos para a utilização do led na iluminação pública está no fato desta tecnologia estar em pleno desenvolvimento, apresentando um crescimento contínuo de eficiência ao longo dos anos, permitindo propor que no atual estágio tecnológico já seja possível sua implementação em larga escala. Outro fator importante sobre o led está na possibilidade de um aproveitamento melhor da luz uma vez que devido às pequenas dimensões da fonte de luz, isso permite arranjos de diversas fontes, cada uma direcionada para um determinado ponto do ambiente e, além disso, aproveitando melhor a distribuição da luz e evitando que locais onde não seja necessária a aplicação da luz da iluminação pública sejam iluminados. Dessa forma, quando se alia a grande eficiência à correta distribuição da luz, isso efetivamente permite uma redução considerável no consumo de energia quando comparado aos sistemas atualmente empregados, particularmente os sistemas com lâmpadas a vapor de sódio.

O estudo de viabilidade econômica do LED para IP de Ipanema/MG integrará a identificação dos benefícios esperados e sua comparação aos investimentos e demais custos de implantação para que se possa conceder o parecer de viabilidade. Quando se trata de um projeto onde é avaliado o uso eficiente de energia, sempre é

necessário que as decisões passem por um estudo semelhante a este, a fim de decidir uma escolha entre várias alternativas ou simplesmente conhecer a economicidade de uma determinada alternativa.

A engenharia econômica é quem determina os métodos e técnicas usadas para a análise econômico-financeira dos investimentos. Esta análise utiliza-se de índices econômicos que podem traduzir a atratividade de um investimento como o valor presente líquido (VERAS, 2001, p.29).

O estudo de viabilidade determina os pontos para que as próprias ações sejam os fatores mais relevantes no alcance dos objetivos traçados. No entanto há de se constatar que os resultados deverão condizer com os parâmetros propostos. Portanto, este estudo objetiva estimar os ganhos e as perdas decorrentes de um projeto de eficiência elétrica em iluminação pública para estabelecer ou não sua viabilidade através de uma metodologia para verificar o retorno financeiro da tecnologia LED em relação às lâmpadas de descarga atualmente utilizadas, a qual consiste na análise da vida útil das lâmpadas, na estimativa de custos de energia elétrica, de custos de implantação e de custos de manutenção.

### 3. TECNOLOGIA LED

Esse capítulo tem a finalidade de introdução à tecnologia LED, bem como seu funcionamento, suas vantagens e desvantagens divulgadas pelos fabricantes e seu atual estágio de evolução. É importante destacar que no desenvolvimento do LED é empregado o que há de mais tecnológico na indústria de iluminação de ambientes.

Trata-se de um diodo semicondutor que converte corrente elétrica em luz, daí seu nome de diodo emissor de luz (LED). Essa conversão é conhecida como eletroluminescência. O LED é uma tecnologia emergente que tem começado a impactar setores da economia como indústrias, iluminação, setor automotivo, entre outras. Ele é formado por componentes ópticos utilizados para construir seu padrão de radiação e ajudar na reflexão da luz e é conhecido como iluminação em estado sólido ou SSL (Solid State Lighting), pois não possui filamento, eletrodos, gás ou tubo de descarga, apenas se trata de um pequeno chip eletroluminescente que na presença da corrente elétrica emite luz. Ele não necessita de aquecimento especial ou tensão elevada para iniciar o funcionamento e não tem diminuição de sua vida útil devido ao processo de ligar e desligar.

O LED surge como alternativa de contribuição para uma melhor utilização dos recursos energéticos no mundo atual, sendo essa uma preocupação que aumenta nos últimos anos decorrente do desequilíbrio ambiental vivenciado pelo homem. A lâmpada LED não possui materiais danosos ao meio ambiente, ao contrário das lâmpadas convencionais, tornando seu descarte um processo que contamina menos o meio ambiente, pois é construída em sua maioria por materiais que podem ser mais facilmente reprocessados. Um dos fatores atrativos do LED é de emitir luz uniforme e constante o que proporciona à visão do homem um significativo aumento do conforto em qualquer lugar em que ele for aplicado.

O desenvolvimento de LEDs que emitem luz branca através do desenvolvimento de novas tecnologias de materiais semicondutores possibilitou sua utilização em sistemas de iluminação sendo que atualmente essa aplicação encontra-se em pleno desenvolvimento. Um ponto que não contribui para a aceleração de sua aplicação para esse fim é a falta de legislação específica que estabeleça padrões para sua construção e utilização, além da durabilidade. Isso contribui para a

incerteza quanto a avaliação da sua vida útil, gerando também um grau de desconfiança quanto aos cálculos econômicos praticados para viabilizar ou não essa tecnologia (ASCURRA, 2013, p.29).

Atualmente existem três categorias em que os LEDs podem ser divididos como mostra a Figura 2: LED de alto brilho com invólucro transparente que são utilizados em equipamentos como e luminárias internas, o LED para sinalização e indicação cujo invólucro tem cor específica de acordo com a finalidade filtrando a luz emitida sendo utilizados em painéis elétricos e equipamentos eletrônicos e o LED de alta potência, que são utilizados para iluminação interna e externa por possuir alto fluxo luminoso.



Figura 2: Tipos de LED. Fonte: Philips, 2006 e CREE, 2010.

A formação do material do semicondutor é realizada pela junção de dois cristais de silício com diferentes materiais formando uma junção PN. Os cristais P de carga positiva ou com falta de elétrons são receptores de elétrons enquanto os cristais N de carga negativa possuem excesso de elétrons são doadores. Ao ser aplicada uma voltagem direta essa composição os elétrons se movem do pólo N para o pólo P, ocorrendo uma recombinação dos elétrons com as lacunas existentes, sendo a energia carregada pelo elétron liberada em forma de calor e de luz.

O LED emite uma luz monocromática em que sua cor está ligada ao valor de energia que o elétron absorve ou emite para se mover entre as duas bandas. Quanto maior esse valor maior é a quantidade de energia emitida sendo menor o comprimento de onda da luz. A combinação e quantidade de elementos químicos utilizados na sua composição são responsáveis por gerar padrões de cores.

Para conseguir substituir as lâmpadas convencionais os LEDs devem ser

capazes de reproduzir a luz ambiente necessária para o conforto do homem. Isso só é possível se ele produzir uma luz de cor balanceada, ou seja, obter diversos comprimentos de ondas entre os valores extremos da visão humana.

Como já foi relatado o LED azul permitiu a geração da luz branca combinando os já tradicionais LEDs vermelho e verde. Atualmente três são as formas básicas de realizar essa combinação:

A partir de três LEDs vermelho, verde e azul é possível conseguir qualquer cor, incluindo o branco (CREE, 2010), como descrito na Figura 3.

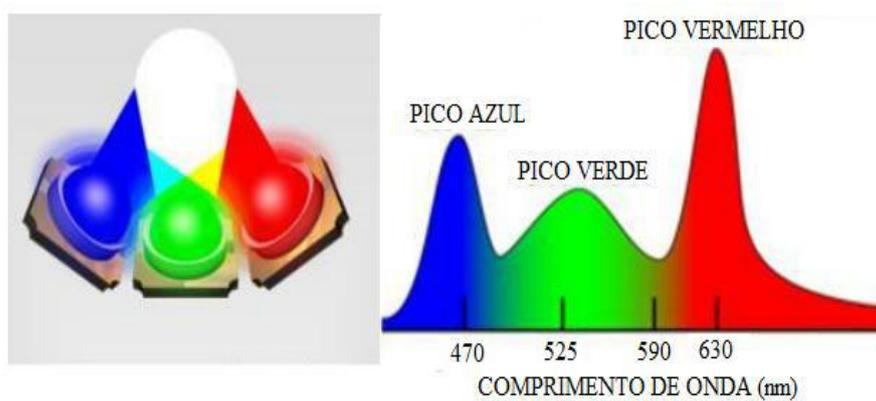


Figura 3: Formação do LED branco através de três LEDs coloridos. Fonte: CREE, 2010.

A partir da união do LED Azul com uma quantidade de fósforo, obtém-se a luz amarela que proporciona a luz branca (CREE, 2010), como mostra a Figura 4.

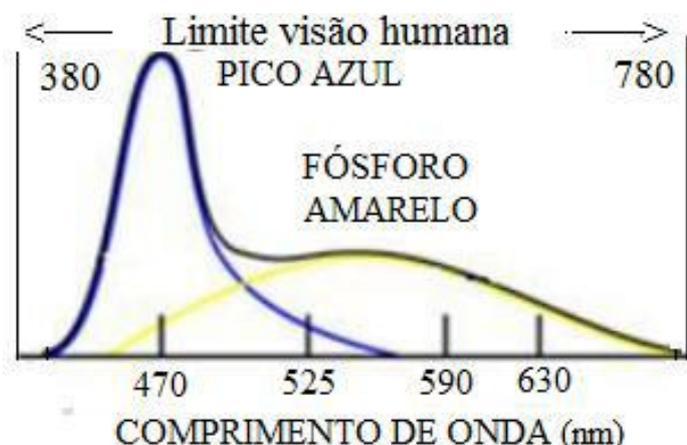


Figura 4: Formação do LED branco através da união do LED azul com fósforo. Fonte: CREE, 2010.

O LED UV unido ao fósforo faz a conversão da luz UV para a luz branca como em uma lâmpada fluorescente comum (CREE, 2010), como mostrado na Figura 5.

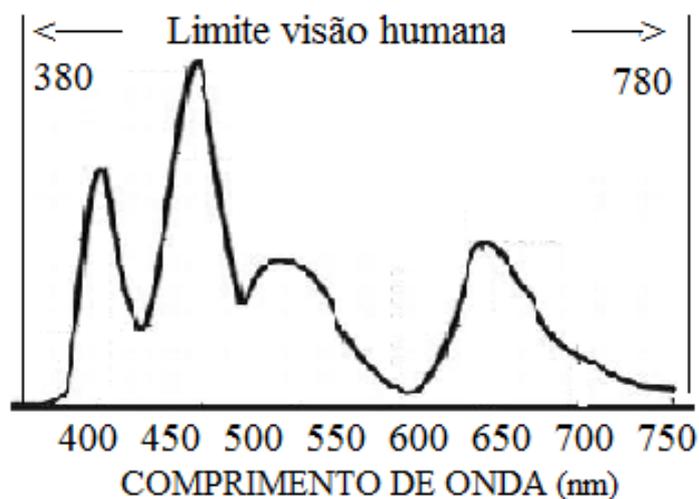


Figura 5: Formação do LED branco através da união do LED UV com fósforo. Fonte: CREE, 2010.

Uma cor de luz pode ter várias temperaturas (CREE, 2010), a Figura 6 mostra as diferenças entre três temperaturas de cor para a luz branca emitida pelos modelos de LEDs.

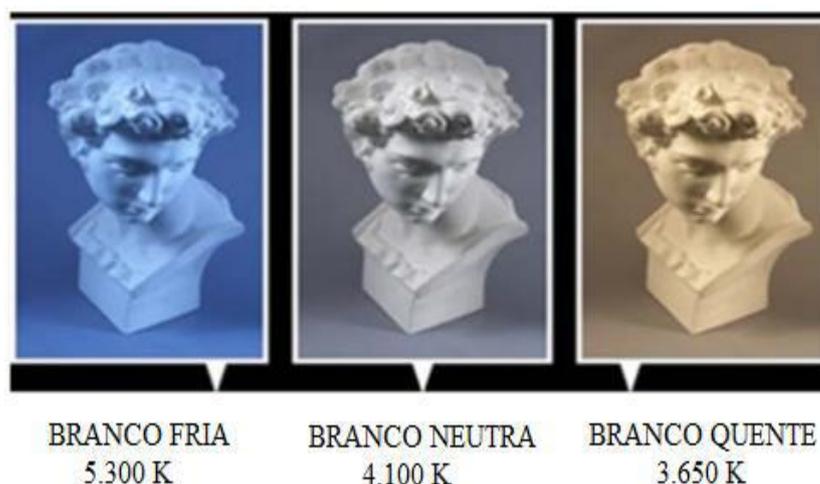


Figura 6: Temperatura de cor da luz branca. Fonte: BLUESPAN, 2009.

O LED de alta potência tem uma área maior do semicondutor que o LED comum. Essa característica possibilita a transformação da energia em uma luz mais

intensa além de obter uma área maior para dissipação térmica (CREE, 2010). Segue na Figura 7 o modelo da composição desse modelo.

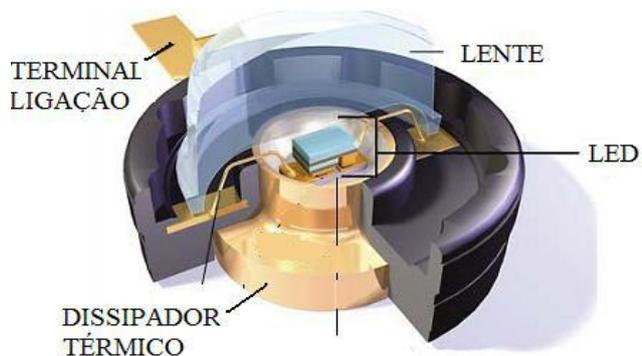


Figura 7: Composição do LED de alta potência. Fonte: ALMEIDA, 2005.

Nesse tipo de LED o fluxo luminoso pode ser controlado através do controle da corrente direta como é relatado no Gráfico 1(CREE, 2010).

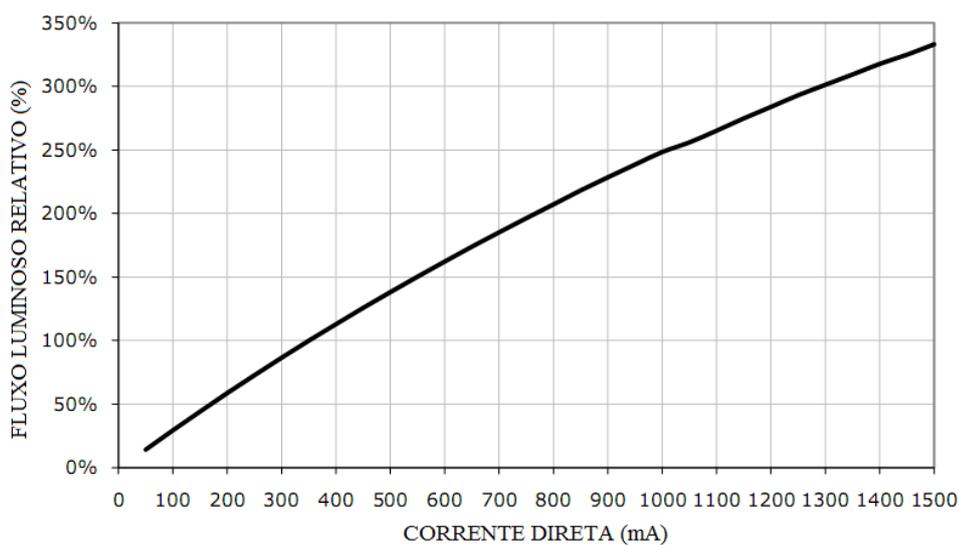


Gráfico1: Fluxo Luminoso x Corrente Direta do LED. Fonte: CREE, 2010.

Porém a emissão do desse fluxo não é diretamente proporcional ao aumento de corrente como pode ser observado nesse gráfico.

### 3.1. APROVEITAMENTO DO FLUXO LUMINOSO

O aproveitamento do fluxo luminoso do LED é maximizado devido sua pequena dimensão e emissão de luz em um ângulo menor que 180 graus, ou seja, uma luz melhor direcionada para o local a ser iluminado. Um dado essencial do LED se comparado às lâmpadas convencionais é sua menor necessidade de lúmens para atingir a mesma. O fator de utilização do LED nesse quesito em média é 80 % maior que as lâmpadas de descarga.

Essa eficácia do melhor direcionamento das lâmpadas LED proporciona um melhor rendimento do fluxo luminoso que as luminárias com as lâmpadas de descarga, como pode ser observado na Figura 8. (BLUESPAN, 2009).

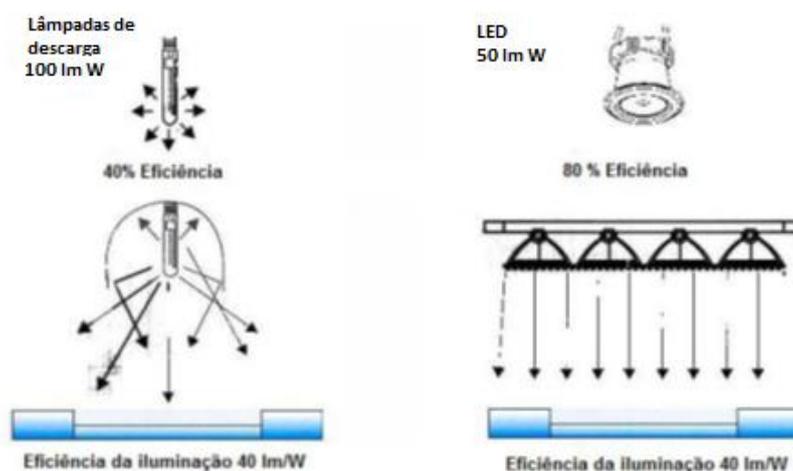


Figura 8: Aproveitamento do fluxo luminoso do LED em comparação às lâmpadas de descarga. Fonte: BLUESPAN, 2009.

O direcionamento da luz pelo LED também proporciona a diminuição da poluição luminosa emitida para a atmosfera. É importante destacar que a eficiência do LED quanto ao fluxo luminoso depende da temperatura na junção do semicondutor como visto no Gráfico 2, um aumento de temperatura provoca a redução desse fluxo, podendo cair para até 80% do valor inicial, o que requer então em um bom dissipador de calor pela luminária. A depreciação do fluxo luminoso do LED durante sua vida útil tem uma estimativa de 10% para a vida útil média de 100.000 horas, claro contando com uma boa dissipação do calor pela luminária (JOSEMAR, 2009).

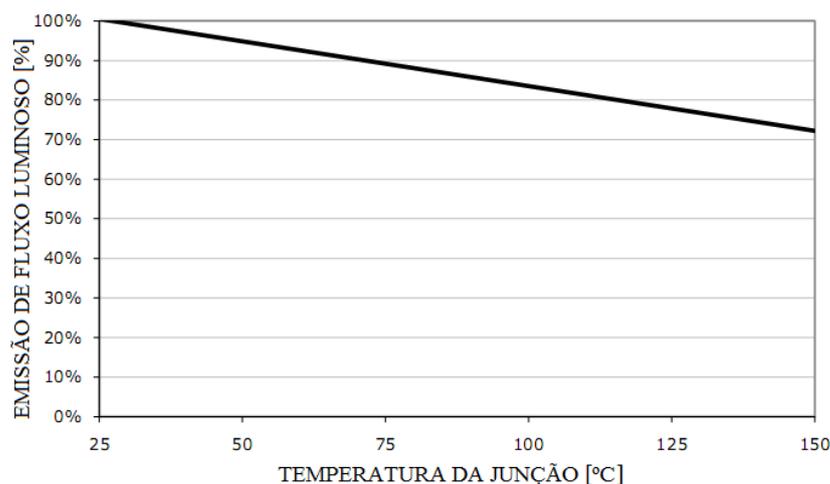


Gráfico2: Emissão de fluxo luminoso x temperatura de junção do LED. Fonte: CREE, 2010.

O ângulo de abertura da luz emitida pelo diodo emissor de luz é de 120 graus, no entanto para se aumentar sua eficiência torna se necessário o aumento da sua concentração de luz que é realizada através de lentes ou colimadores que direcionam esse fecho de luminosidade reduzindo para 15 ou 60 graus a sua amplitude. Isso decorre em uma perda de fluxo luminoso de até 15 % como mostra o gráfico. No caso das luminárias para a IP essas lentes já vêm incorporadas e já consideradas na sua vida útil média.

Diferente do LED de sinalização nos LED de alta potência o caminho elétrico é separado do caminho do calor sendo que neste deve ser acoplado radiador ou dissipador que deve oferecer um caminho eficaz para o calor como mostrado na Figura 9, garantindo baixa temperatura na junção PN do semiconductor (SALES, 2011, p.49).

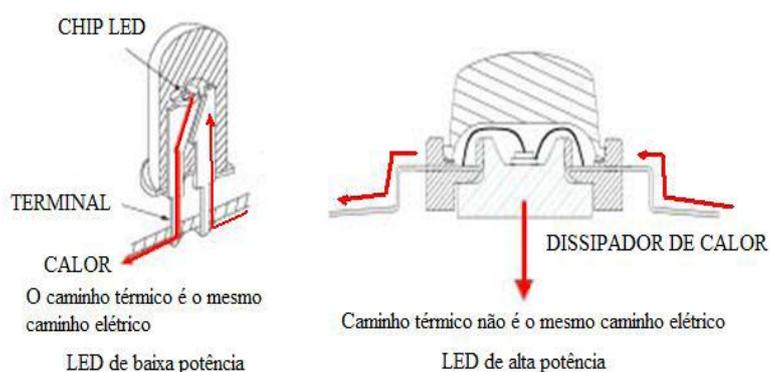


Figura 9: Caminho elétrico e térmico do LED. Fonte: SALES, 2011.

Um possível aumento dessa temperatura é causador de depreciação do fluxo luminoso e também da vida útil do LED podendo atingir até o limite de 150°C, se passar deste o LED entra em colapso. Desta forma percebemos que o controle do calor é fundamental para a eficiência e durabilidade do mesmo.

A maioria dos fabricantes estabelece para o LED uma vida útil capaz de ultrapassar 60.000 horas de funcionamento mantendo seu fluxo de luminoso superior a 70%, atendendo a norma NBR 5101 para o tempo de vida útil das lâmpadas (SALES, 2011. p.53). Gráfico 3.

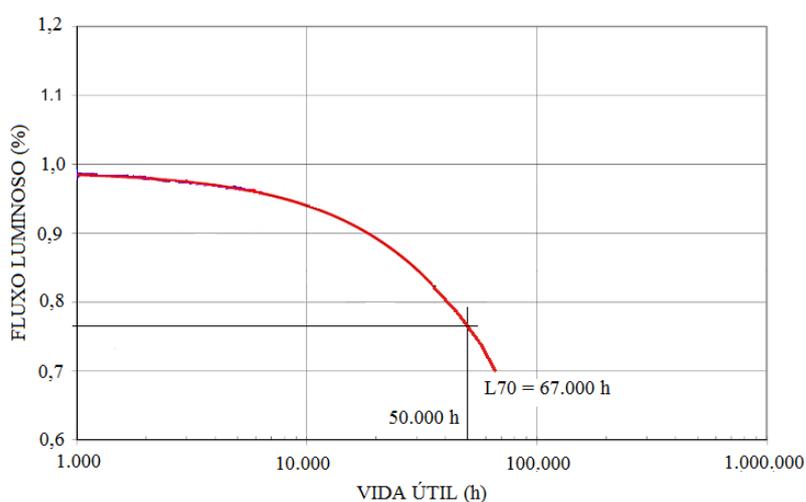


Gráfico 3: Fluxo luminoso x tempo de utilização do LED. Fonte: ALFALUM, 2010.

Pode se constatar analisando esse gráfico que essa porcentagem do fluxo luminoso do LED será atingida aproximadamente quando ele estiver com 67.000 h de funcionamento.

### 3.2. LUMINÁRIAS LED PARA ILUMINAÇÃO PÚBLICA E SUAS CARACTERÍSTICAS

Não existe ainda no Brasil uma normatização dos parâmetros básicos para a fabricação, qualificação e comercialização das luminárias sendo assim não há como compará-las a esses padrões, abrindo um risco em que elas não tenham a eficiência e vida útil propostas pelos fabricantes. Não pode se aplicar as normas existentes

para a medição da fotometria das luminárias tradicionais às luminárias LED, pois seu fluxo luminoso está ligado diretamente à temperatura da junção e à temperatura do ambiente e não tendo controlar estes parâmetros. Além disso, os dados do LED constantes em catálogo são tomados durante curto intervalo de tempo evitando o aquecimento da junção, o que não ocorre na prática. E por fim o desempenho da luminária depende da sua capacidade de dissipação de calor.

Com a substituição das lâmpadas tradicionais por lâmpadas LED em qualquer sistema deve se colocar como prioridade a manutenção da temperatura do LED para não ocorrer redução no seu fluxo luminoso e em sua vida útil.

Uma das vantagens dessa tecnologia está na possibilidade de possíveis queimas de LED não ocorrerem ao mesmo tempo dado que uma luminária possui dezenas deles, sendo assim não ocorre uma interrupção total na emissão de luz.

As luminárias LED possuem um fator de manutenção elevado ficando acima de 75%, proporcionando menor manutenção que na luminária tradicional. Esse valor pode chegar até 80% para a LED contra 45% podendo chegar a 33% das luminárias convencionais (BLUESPAN, 2009). Esse fator trata da depreciação de serviço das luminárias, medindo a relação entre o fluxo luminoso inicial e final para um determinado tempo esperado para iniciar a manutenção de limpeza.

Um sistema de IP a LED possui característica de imediata redução consumo de energia elétrica, acarretando na redução de custos ao passar dos anos de sua vida útil. Outro aspecto importante para as prefeituras deve se ao seu reduzido custo operacional devido à sua maior vida útil, estimada em no mínimo 60.000 horas, ou 14 anos levando se em consideração a utilização por 12 horas diárias.

A utilização da IP no período noturno por lâmpadas tradicionais acarreta para a visão humana um menor aproveitamento e maior perda do fluxo luminoso das lâmpadas, ao contrário disso com as lâmpadas LED o espectro luminoso está todo dentro da faixa de luz visível pelo homem, sendo máxima a resposta da visão humana para elas. O que acontece com as luminárias tradicionais é que os níveis de iluminação criados por elas geram pontos quentes com muita luz logo abaixo da luminária, e frios com pouca luz na periferia da área iluminada. Isso mostra que a sua distribuição horizontal da luz não é muito homogênea ao contrário do que acontece com as luminárias LED (SALES, 2011, p.59).

O IRC das luminárias LED são maiores que 70, emitindo luz por vários comprimentos de onda e reproduzindo um maior percentual, de cor que as

luminárias VS e VM com IRCs respectivos de 25 e 40. Essa melhor reprodução torna a luz e conseqüentemente o ambiente mais agradável elevando a percepção de detalhes além de contribuir para a segurança. A Figura 10 mostra a diferença entre a qualidade de iluminação somente levando em consideração as lâmpadas VS para efeitos de comparação.



Figura 10: Comparação da luz LED x VS. Fonte: Technosol.

A capacidade da luminária LED de utilizar uma menor quantidade de potência para emitir a mesma capacidade de luz das luminárias convencionais faz com que ela utilize uma menor quantidade de energia elétrica e emita menos CO<sub>2</sub> para a atmosfera, colaborando com a redução do efeito estufa.

A vida mediana das lâmpadas convencionais é de 24.000h para a VS e 16.000h para a VM, variando um pouco de acordo com o fabricante. Já o LED tem expectativa mínima de vida útil de 50.000h e pode ultrapassar facilmente às 60.000h (SALES, 2011, p.62).

Um ponto a favor dos LEDs é o fato de não utilizarem substâncias tóxicas na sua composição as lâmpadas convencionais contêm mercúrio com alto poder de poluição e elevado grau de risco para o operador e que se não reaproveitadas ou devidamente destinado e descartado em lixões pode contaminar o meio ambiente.

O LED ainda possui algumas desvantagens que vem colaborando para sua demora em implantação na iluminação pública. O primeiro aspecto é que seu custo inicial geralmente afasta os gestores desse sistema, outro ponto é se tratar de tecnologia em desenvolvimento com poucas referências de utilização. Como já dito a falta de norma e legislação específica estabelecendo padrões de construção e utilização produz um grau elevado de incerteza quanto ao tempo e condições de manutenção e limpeza do LED e da luminária.

## 4. ILUMINAÇÃO PÚBLICA

A instalação de 100 luminárias na cidade do Rio de Janeiro iniciou a era da iluminação pública no Brasil em 1794. Em 1883 foi inaugurado o primeiro serviço de iluminação pública elétrica do Brasil em Campos no Rio de Janeiro. A iluminação pública no Brasil representa 4,5% da demanda nacional sendo um total de 15 milhões de pontos de iluminação. A distribuição desses pontos de iluminação está detalhada na Tabela 2.

TIPO DA LÂMPADA	REGIÃO					TOTAL	Participação % lâmpada
	N	NE	CO	SE	S		
Vapor de Sódio da Alta Pressão – VSAP	464.731	1.951.868	929.461	4.182.575	1.765.976	9.294.611	62,93
Vapor de Mercúrio - VM	235.151	987.633	470.301	2.116.355	893.572	4.703.012	31,84
Mistas	16.421	68.970	32.843	147.792	62.401	328.427	2,22
Incandescentes	10.521	44.188	21.042	94.688	39.979	210.417	1,42
Fiuorescentes	5.977	25.102	11.954	53.791	22.712	119.535	0,81
Multivapor Metálico - MVM	5.409	22.716	10.817	48.678	20.553	108.173	0,73
Outras	257	1.078	513	2.310	975	5.134	0,03
Total lâmpada	738.465	3.101.555	1.476.931	6.646.189	2.806.169	14.769.309	100
Participação % por regiões	5	21	10	45	19		

Tabela 2: Distribuição da IP no Brasil. Fonte (ELETROBRÁS, 2010).

O número de pontos de IP no Brasil cresceu entre os anos de 2004 e 2008 em 10,2%, enquanto que a potência instalada e o consumo de energia elétrica neste período sofreram leve redução de quase 1%; isso se deve ao PROCEL RELUZ da Eletrobrás lançado em 2000 que tem com meta reduzir a demanda e o consumo da IP dando suporte aos municípios que interessem em modernizar seu sistema de IP (SIQUEIRA, 2008). Graças a esse programa dos pontos de luz com lâmpadas de baixa eficiência como as incandescentes e vapor de mercúrio vêm sendo reduzidos, ocorrendo um crescimento de pontos com lâmpadas de melhor eficiência energética.

Os sistemas de IP geralmente funcionam à noite, sendo raros os casos da sua utilização em locais que possuem durante o dia escurecimentos que sejam

suficientes para acioná-los. O horário de funcionamento varia conforme a região do município no globo terrestre e apesar do cálculo de horas ser possível para cada região específica adota se em geral a quantidade de 12 horas diárias para esse funcionamento.

Em se tratar do faturamento das contas de consumo da IP no Brasil, ele é realizado pelas concessionárias sendo que geralmente são feitas através de dados cadastrais tendo em vista a quantidade de pontos de luz e a tecnologia empregada nas lâmpadas. As normas brasileiras relatam que as concessionárias deveriam instalar equipamentos de medição desse consumo, mas os dados cadastrais ainda são utilizados na maioria dos cálculos no Brasil. As tarifas associadas a esse serviço podem ser de duas formas: quando a concessionária presta o serviço de IP ela é chamada de B4b, sendo considerado o ponto de entrega de energia o Bulbo da lâmpada e quando é o município de B4a considerando como ponto de entrega é a conexão do sistema de distribuição. É importante destacar que à partir de janeiro de 2015 esse cálculo será realizado com base somente na tarifa B4a pois os ativos da IP serão repassados para os municípios (FRÓES DA SILVA, 2006, p.39).

A contribuição para IP foi implantada com o objetivo de fomentar aos responsáveis pelos sistemas necessidade de melhoria dos mesmos. Ela foi instaurada através de emenda constitucional e apesar de ter sido alvo de manifestações dos defensores do direito tributário na sua essência, foi a forma encontrada pelo legislativo para respaldar as prefeituras municipais na instituição de tal tributo.

#### **4.1. CARACTERÍSTICAS DAS LÂMPADAS DE DESCARGA E LUMINÁRIAS TRADICIONAIS ATUALMENTE UTILIZADAS NA ILUMINAÇÃO PÚBLICA**

Os pontos de IP no país são formados em 95% dos casos utilizando se das lâmpadas de descarga. Nessas lâmpadas geralmente o fluxo luminoso é produzido direta ou indiretamente pela passagem de corrente elétrica através de uma mistura gasosa composta de gases inertes e vapores metálicos. Esta mistura de gases encontra-se confinada em um invólucro translúcido, o tubo de descarga.

Geralmente, o tubo de descarga contém em suas extremidades os eletrodos, que são responsáveis pela interface entre a descarga e o circuito elétrico de alimentação. Nessas lâmpadas, o composto metálico responsável pela radiação encontra-se no estado sólido ou líquido na temperatura ambiente. O gás inerte, também conhecido como gás de preenchimento deve ser isolante elétrico. Quando um campo elétrico de intensidade grande o bastante é aplicado ao gás, ocorre o rompimento de sua rigidez dielétrica, propiciando o aparecimento de uma descarga elétrica. Este processo é chamado de ignição. É necessário que exista uma conexão entre o gás no interior do tubo de descarga e o meio externo, o que é normalmente feito pelos eletrodos. O calor gerado pelo arco elétrico criado através do gás de preenchimento vaporiza o composto metálico, criando condições favoráveis à circulação de corrente pela lâmpada. Desta forma, o arco elétrico é estabelecido em meio ao plasma (SALES, 2011, p. 65). Abaixo na Figura 11 segue a composição dos dois modelos mais utilizados na IP do Brasil, a VS e VM.

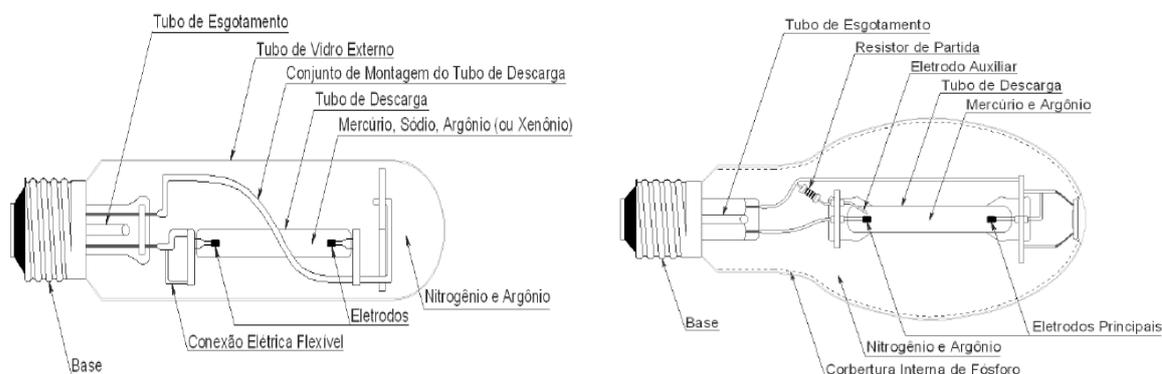


Figura 11: Composição das lâmpadas VS e VM. Fonte: (SALES, 2011).

Para uma iluminação pública adequada algumas condições mínimas devem ser respeitadas e essas variam de um local para outro. É importante salientar que não existe uma lâmpada que seja ideal em todos os aspectos, seja qual for o ambiente e o modelo de aplicação. Isso implica em uma necessidade de um estudo das condições do projeto para que as escolhas sejam adequadas ao propósito final.

Qualquer fonte de luz presente na IP faz uma conversão da sua potência elétrica (W) em luz (lm), entretanto outros aspectos são gerados com esse processo como a radiação infravermelha e/ou ultravioleta. A quantidade de luz emitida em

relação à potência elétrica de entrada consumida determina a eficiência luminosa da fonte, este índice é dado em lúmen por watt - lm/W. Quanto maior a relação lm/W mais eficiente é a fonte luminosa (SALES, 2011, p.19).

As lâmpadas de descarga que são maioria no sistema de IP nacional utilizam uma menor potência elétrica para emitirem o mesmo fluxo de luminoso que as lâmpadas incandescentes, mas já estão sendo ultrapassadas nesse quesito pela tecnologia LED. Porém, é importante destacar que por mais que as fontes de luz tenham um alto fluxo luminoso elas podem apresentar uma depreciação do mesmo ao longo de sua vida útil, diminuindo seu rendimento. Esse fluxo não se mantém constante durante a vida útil das lâmpadas, e sofrem redução também causada por aspectos naturais como a degradação de seus materiais. As únicas lâmpadas que conseguem manter o seu fluxo luminoso acima de 70% durante toda sua vida útil são as lâmpadas LED e VS, isso dá a elas um tempo maior de funcionamento.

O tempo de vida de uma lâmpada é diretamente relacionado com sua aplicação, nesse conceito é importante por parte dos gestores do sistema a realização de manutenções preventivas com planejamento para realizar trocas antes da queima em massa das lâmpadas. Uma política como essa pode ser a solução para reduzir ocorrências decorrentes de locais sem iluminação por essa queima.

A vida mediana das lâmpadas mais utilizadas na IP do Brasil que são as VS e VM são respectivamente 24.000 h e 16.000h em média; isso levando em consideração a depreciação dos seus fluxos luminosos a um limite aceitável para o ambiente de sua utilização.

A cor de uma luz possui o aspecto mais branco na medida em que sua temperatura de cor é mais alta, essa temperatura é medida em Kelvin – K. Já o IRC mede a correspondência entre a cor de um objeto e o padrão de cor emitido pela lâmpada. Esse índice tem como referência o número 100, e quanto maior a proximidade desse valor pela fonte de luz significa dizer que ela proporciona melhor os detalhes de um objeto iluminado (SALES, 2011, p.24).

A Iluminação pública do Brasil não possui a característica de priorizar a temperatura de cor das lâmpadas, somente são levados em conta os custos com manutenção e consumo de energia em conjunto com a busca pelo alcance de uma maior vida útil e eficiência energética. Geralmente a aparência da cor da luz destes locais é amarelada fazendo com que haja perda dos detalhes dos ambientes e até mesmo da sua aparência de cor. Uma melhor reprodução de cores pode influenciar

no aumento da segurança pública e uma exigência por maior qualidade na iluminação poderia alavancar esse índice para um patamar mais confortável para a população.

Como as lâmpadas de descarga contém elementos contaminantes como o mercúrio que atingem diretamente o meio ambiente e o ser humano o seu descarte deve receber um tratamento específico como a reciclagem de seus materiais. O seu depósito em locais como lixões e aterros pode ser decisivo para a contaminação do solo local alcançando até o lençol freático. Isso se deve ao fato do mercúrio interagir com outros compostos químicos e gerar um componente ainda mais letal e tóxico fixando se a insetos e plantas chegando até a cadeia alimentar do homem. A Eletrobrás a fim de amenizar esse modelo de descarte das lâmpadas já incluiu nos novos contratos de financiamento os custos com o descarte adequado (SILVEIRA, 2010).

O espalhamento do fluxo luminoso é um fator determinante para a implantação de um projeto de iluminação pública. Uma lâmpada pode obter um fluxo luminoso elevado, mas há de ser levado em consideração o seu valor junto a luminária. Esse espalhamento é um dos fatores de classificação das luminárias tradicionais que podem se dividir em Full Cutoff, Cutoff, Semi-Cutoff e Non Cutoff;. Estes termos se referem ao corte do fluxo luminoso para ângulos acima de  $80^\circ$  e  $90^\circ$  do eixo vertical da luminária, também chamado nadir, Figura 12.

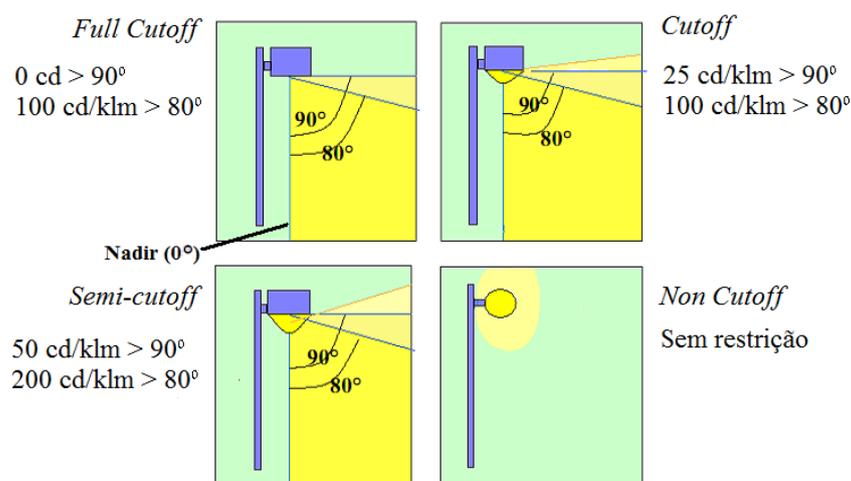


Figura 12: Espalhamento do fluxo luminoso pelas luminárias. Fonte:(PAULIN, 2001).

As luminárias Full Cutoff que são as utilizadas em Ipanema e em várias outras

idades de pequeno porte do Brasil, garantem que acima do ângulo de 90° do nadir não haja emissão de fluxo luminoso, evitando o desperdício de luz e a poluição luminosa do ambiente no entorno da luminária.

É importante, para se ter um projeto de IP eficiente, que seja considerado o rendimento da luminária. O rendimento de uma luminária é a razão entre o fluxo luminoso utilizado para iluminar a área pretendida e o fluxo luminoso emitido pelas lâmpadas. Por exemplo, para uma lâmpada VS que emita um fluxo luminoso de 26.000 lúmens utilizada em uma luminária cujo fator de utilização é de 0,55 somente 14.300 lúmens será entregue a área iluminada, correspondendo a uma perda de 45%. Essas perdas costumam variar de um fabricante para outro, e de uma potência para outra, mas sempre ficando a uma média entre 18% a 46,9%. Em um estudo realizado em 2002 calculou se que o rendimento médio das atuais luminárias públicas analisadas atingiram somente 53,1%; sendo que nas luminárias as mais eficientes do sistema o rendimento específico máximo foi de 70,1% a 84,6%, além disso, ocorreram perdas por contaminação oriunda da poluição ambiental que ao longo do tempo se acumulou, nas áreas internas e externas, da luminária. (LOPES, 2002).

As lâmpadas de descarga utilizadas em iluminação pública necessitam de equipamentos auxiliares para seu funcionamento. O objetivo destes equipamentos é controlar a corrente entregue a lâmpada, aumentar a eficiência e promover máxima vida mediana das lâmpadas. Cada tipo de lâmpada utiliza um conjunto de equipamentos específicos, desenvolvidos para permitir seu correto funcionamento.

Os equipamentos auxiliares para as lâmpadas são reatores, ignitores e relés fotoelétricos. Atualmente os reatores são vistos como uma parte importante no sistema de iluminação, sendo um dos responsáveis pela eficiência do sistema e vida útil da lâmpada comenta que um reator bem projetado e com durabilidade alta diminui a manutenção do sistema de iluminação. Os relés foto elétricos são dispositivos responsáveis por ligar e desligar as lâmpadas, seu funcionamento é automatizado; a luminosidade do ambiente é o fator que causa o disparo através de fotocélulas fechando o circuito para energizar a lâmpada.

## 4.2. ILUMINAÇÃO PÚBLICA DE IPANEMA/MG

A cidade de Ipanema, assim como muitas outras pequenas cidades de interior, possui um sistema de IP precário, devido à falta de investimentos pelos gestores. Muitas ruas nas regiões periféricas da cidade são praticamente intransitáveis durante a noite, devido a grande escuridão. O município possui 8.449 unidades consumidoras sendo que 6.593 são residenciais, 960 rurais, 102 industriais, 684 comerciais e 110 para outros fins. Os pontos de luz de IP instalados no município têm uma quantidade de 1.558, sendo que desses 957 são formados por luminárias abertas com lâmpadas VS e 601 por luminárias abertas com lâmpadas VM, ver Figura 13, como descrito no Anexo 5.



Figura 13: Iluminação Pública de Ipanema/MG. Fonte: AUTOR, 2014.

A média de arrecadação do município com a contribuição de iluminação pública é de R\$ 40.197,28, abaixo da média de sua fatura total, que chega a R\$ 52.263,48, sendo que desses em média R\$ 18.157,91 são com consumo da IP da cidade. Atualmente a cidade de Ipanema gasta R\$ 8,00 por mês com cada ponto de iluminação somente com sua manutenção, um valor relativamente alto se considerar o benefício mediano que as tais representam para o município. Ou seja, o atual orçamento para a IP da cidade encontra-se em déficit, sendo as despesas maiores do que as receitas, impossibilitando maiores investimentos nessa área. Isso decorre de uma defasagem do valor dessa contribuição pelo município de Ipanema, muito

inferior por exemplo à outros municípios de sua região.

Com a municipalização da iluminação pública prevista para o início de 2015, a elaboração de projetos para implantação expansão, operação e manutenção das instalações será responsabilidade do ente municipal ou de um que ela tenha repassado essa delegação através de contrato licitatório. Há então de ser estudadas formas de modernizar esse sistema pelo município para que ele venha se adequar ao orçamento proposto.

## **5. ESTUDO DE CASO DA VIABILIDADE ECONÔMICA DA TECNOLOGIA LED NA ILUMINAÇÃO PÚBLICA DE IPANEMA MG**

Dado que atualmente a IP mundial é constituída aproximadamente por 180 milhões de lâmpadas, diversas tecnologias são empregadas na sua constituição, tais como: lâmpadas de vapor de mercúrio, vapor de sódio, lâmpadas de iodetos metálicos, lâmpadas fluorescentes e as lâmpadas de LED (HUANG, 2012, p.05).

Os vários estudos realizados sobre a iluminação a LED por vários países procuraram observar seus benefícios e sua relação com o trânsito das vias. Alguns desses concluíram que apesar de sua grande eficiência que superariam de 26% a 57% às lâmpadas de VS, o retorno do investimento na sua utilização levaria muito tempo. Apesar de avanços tecnológicos consideráveis da tecnologia LED o seu custo ainda permanece elevado e sua aplicação em iluminação de vias públicas carece da solução de alguns problemas como, a falta de normas, testes e certificações confiáveis que irão padronizar a qualidade das luminárias. A falta desses padrões e especificações dificulta a grande produção dessas colaborando para seus preços elevados. Ainda sim com essas dificuldades para a implantação, há países que estão adotando esse modelo de forma experimental, a fim de avaliar com confiabilidade seus benefícios e retornos econômicos.

Quando se fala em estudo de viabilidade se fala nas condições para que os objetivos esperados sejam alcançados decorrendo das ações programadas e não dependendo do acaso. Para que o resultado seja satisfatório é essencial ser condizente com as condições propostas no estudo, para que os ganhos estimados ou perdas calculadas sejam dentro do aceitável em uma margem de erro.

Ao ser calculado os ganhos e as perdas de um projeto pode se concluir se um projeto como esse de eficiência elétrica em iluminação pública tem condições econômicas para ser praticado dentro do mercado atual. Esses cálculos devem condizer com um levantamento de custos envolvidos para os casos da tecnologia atual baseada em VS e VM e as luminárias LED, e levar em consideração itens como: a vida útil das lâmpadas, os custos com energia elétrica dessas tecnologias no espaço de tempo baseado na tecnologia com maior vida útil, os custos de implantação e também de manutenção de ambas.

Um dos aspectos mais importantes desse projeto é baseado na expectativa de vida útil dessas tecnologias. A lâmpada LED tem uma vida útil mínima de 50.000 horas, mas pode atingir até 100.000 horas dependendo do seu fabricante e da sua temperatura de junção, ou seja, uma boa dissipação térmica pode elevar sua vida útil. Já as lâmpadas de VS possuem uma vida útil de até 24.000 horas para potências nominais até 250W e as VM uma vida útil de 16.000 horas para potências nominais até 250W. É preciso ressaltar que algumas cidades elaboram a troca de lâmpadas um ano antes da sua expectativa de vida útil para evitar uma possível substituição em massa, decorrente de um blecaute ou queima coletiva.

O projeto se inicia tendo por base os dados técnicos fornecidos pelos fabricantes que condizem com as dados médios apresentados pelos dois modelos de iluminação. Seguem na Tabela 3 abaixo as características das luminárias atuais do sistema e das luminárias LED propostas para substituí-las mantendo o nível de luminosidade do sistema.

<b>Características</b>	<b>Luminária Atual</b>	<b>Luminária Proposta</b>
	Luminária Aberta Full Cutoff com lâmpada VM 80W	Luminária Modular LED 32W
Fluxo Luminoso	2.516 lm (0.68 da lâmpada VM)	3.330 lm (0.91 da lâmpada LED)
Vida útil	16.000h	60.000h
Fator de Manutenção	33%	75%
IRC	48	>70
Eficiência Luminosa	27 lm/W	94 lm/W
	Luminária Aberta Full Cutoff com lâmpada VM 125W	Luminária Modular LED 63W
Fluxo Luminoso	4.216 lm (0.68 da lâmpada VM)	6.060 lm (0.83 da lâmpada LED)
Vida útil	16.000h	60.000h
Fator de Manutenção	33%	75%
IRC	46	>70
Eficiência Luminosa	34 lm/W	95 lm/W
	Luminária Aberta Full Cutoff com lâmpada VM 250W	Luminária Modular LED 89W
Fluxo Luminoso	8.636 lm (0.68 da lâmpada VM)	8.742 lm (0.91 da lâmpada LED)
Vida útil	16.000h	60.000h
Fator de Manutenção	33%	75%
IRC	40	>70
Eficiência Luminosa	35 lm/W	88 lm/W
	Luminária Aberta Full Cutoff com lâmpada VS 70W	Luminária Modular LED 63W
Fluxo Luminoso	4.592 lm (0.82 da lâmpada VS)	6.060 lm (0.83 da lâmpada LED)
Vida útil	24.000h	60.000h
Fator de Manutenção	45%	75%
IRC	25	>70
Eficiência Luminosa	66lm/W	95 lm/W
	Luminária Aberta Full Cutoff com lâmpada VS 100W	Luminária Modular LED 63W

Fluxo Luminoso	7.380 lm (0.82 da lâmpada VS)	6.060 lm (0.83 da lâmpada LED)
Vida útil	24.000h	60.000h
Fator de Manutenção	45%	75%
IRC	25	>70
Eficiência Luminosa	74lm/W	95 lm/W
	Luminária Aberta Full Cutoff com lâmpada VS 150W	Luminária Modular LED 89W
Fluxo Luminoso	9.860 lm (0.68 da lâmpada)	8.742 lm (0.91 da lâmpada LED)
Vida útil	24.000h	60.000h
Fator de Manutenção	45%	75%
IRC	25	>70
Eficiência Luminosa	66lm/W	88 lm/W
	Luminária Aberta Full Cutoff com lâmpada VS 250W	Luminária Modular LED 123W
Fluxo Luminoso	12.150 lm (0.45)	11.256 lm (0.83 da lâmpada LED)
Vida útil	24.000h	60.000h
Fator de Manutenção	45%	75%
IRC	25	>70
Eficiência Luminosa	49 lm/W	91 lm/W

Tabela 3: Comparação de dados técnicos: Luminárias sistema atual x luminárias sistema proposto.  
Fonte: (Autor, 2014)

Esses dados são baseados nos dados das lâmpadas para o caso das VS e VM, calculando já suas perdas de fluxo luminoso que vão de 18% a 55% dependendo do modelo de luminária utilizada. Já os dados das luminárias LED são observados nas fichas técnicas enviadas pelos fabricantes, sendo que estas estão de acordo com as médias aplicadas para esse modelo de tecnologia. Eles estão presentes no Anexo6e contribuem primeiro para a realização dos cálculos de vida útil das lâmpadas. Estes irão propor o espaço de tempo utilizado para os cálculos de custos de implantação e manutenção e recuperação do capital necessários para observar a viabilidade econômica do projeto.

### 5.1. VIDA ÚTIL DAS LÂMPADAS

Para o cálculo da vida útil das lâmpadas do atual sistema e das luminárias LED que se propõe utilizar no sistema de IP de Ipanema/MG é considerado como seu tempo de funcionamento de 12 horas por dia; tempo esse que é padrão da CEMIG para fins de cálculo de consumo em IP. Esse cálculo é feito utilizando como padrão a Equação (1) para o LED, Equação (2) para VS e Equação (3) para VM:

$$\text{Vida útil em anos} = \left( \frac{\text{Vida útil das lâmpadas (h)}}{\text{Tempo de utilização das lâmpadas} \left( \frac{\text{h}}{\text{ano}} \right)} \right)$$

$$\text{Vida útil em anos} = \left( \frac{60.000 \text{ (h)}}{12 \times 365 \left( \frac{\text{h}}{\text{ano}} \right)} \right) \dots(1)$$

$$\text{Vida útil em anos} = \left( \frac{60.000 \text{ (h)}}{4380 \left( \frac{\text{h}}{\text{ano}} \right)} \right) \cong 14 \text{ anos}$$

Equação 1: Vida útil lâmpada LED. Fonte: (MPEE, 2008).

$$\text{Vida útil em anos} = \left( \frac{\text{Vida util das lâmpadas (h)}}{\text{Tempode utilização das lâmpadas} \left( \frac{\text{h}}{\text{ano}} \right)} \right)$$

$$\text{Vida útil em anos} = \left( \frac{24.000 \text{ (h)}}{12 \times 365 \left( \frac{\text{h}}{\text{ano}} \right)} \right) \dots(2)$$

$$\text{Vida útil em anos} = \left( \frac{24.000 \text{ (h)}}{4380 \left( \frac{\text{h}}{\text{ano}} \right)} \right) \cong 5,5 \text{ anos}$$

Equação 2: Vida útil lâmpada VS. Fonte: (Autor, 2014)

$$\text{Vida útil em anos} = \left( \frac{\text{Vida util das lâmpadas (h)}}{\text{Tempo de utilização das lâmpadas} \left( \frac{\text{h}}{\text{ano}} \right)} \right)$$

$$\text{Vida útil em anos} = \left( \frac{16.000 \text{ (h)}}{12 \times 365 \left( \frac{\text{h}}{\text{ano}} \right)} \right) \dots(3)$$

$$\text{Vida útil em anos} = \left( \frac{16.000 \text{ (h)}}{4380 \left( \frac{\text{h}}{\text{ano}} \right)} \right) \cong 3,5 \text{ anos}$$

Equação 3: Vida útil lâmpada VM. Fonte: (Autor, 2014)

Para operar 12 horas por dia as luminárias LED terão a expectativa de vida útil de 12 anos calculada na Equação (1), as lâmpadas VS terão 5,5 anos calculados na Equação (2) e as VM terão 3,5 anos calculados na Equação (3). Os reatores,

equipamentos auxiliares para a tecnologia com lâmpadas VS e VM, tem por vida útil informada pelo fabricante 10 anos.

## 5.2. PROJEÇÃO DE CUSTOS COM INSTALAÇÃO

Determinadas às expectativas de vida útil das tecnologias em comparação pode se levantar a projeção de custos com a instalação das mesmas. Deve se considerar para efeito desse estudo os custos que foram praticados com a implantação do atual sistema.

O estudo de viabilidade econômica baseia se no montante de custos do projeto e dos seus benefícios, para que o valor futuro ou valor atualizado do investimento inicial seja calculado.

Para que isso seja concretizado é necessário o valor do investimento inicial com os dois sistemas propostos, a começar pelo atual que é baseado em lâmpadas VS e VM. Nesse caso o valor a que se chegou foi de R\$ 545.513,88 como demonstra a Tabela abaixo:

DESCRIÇÃO	UNIDADE	QUANTIDADE	V. UNITÁRIO	V. TOTAL
Reator para Lâmpada de Vapor de Mercúrio 220V/80W – USO EXTERNO (SINAPI 00012314)	UND	556,00	28,53	15.862,68
Reator para Lâmpada de Vapor de Mercúrio 220V/125W – USO EXTERNO (SINAPI 00012316)	UND	267,00	34,03	9.086,01
Reator para Lâmpada de Vapor de Mercúrio 220V/250W – USO EXTERNO (SINAPI 00012317)	UND	134,00	40,58	5.437,72
Reator para Lâmpada de Vapor de Sódio 220V/70W – USO EXTERNO (SINAPI 00001080)	UND	306,00	40,90	12.515,40
Reator para Lâmpada de Vapor de Sódio 220V/100W – USO EXTERNO (SINAPI 00001085)	UND	179,00	51,20	9.164,80
Reator para Lâmpada de Vapor de Sódio 220V/150W – USO EXTERNO (SINAPI 00001084)	UND	21,00	61,63	1.294,23
Reator para Lâmpada de Vapor de Sódio 220V/250W – USO EXTERNO (SINAPI 00001082)	UND	95,00	74,25	7.053,75
Lâmpada de Vapor de Mercúrio 220V/80W – USO EXTERNO (SINAPI 00034669)	UND	556,00	4,74	2.635,44

Lâmpada de Vapor de Mercúrio 220V/125W – USO EXTERNO (SINAPI 00012214)	UND	267,00	9,39	2.507,13
Lâmpada de Vapor de Mercúrio 220V/250W – USO EXTERNO (SINAPI 00003749)	UND	134,00	18,60	2.492,40
Lâmpada de Vapor de Sódio 220V/70W – USO EXTERNO (SINAPI 00003259)	UND	306,00	21,30	6.517,80
Lâmpada de Vapor de Sódio 220V/100W – USO EXTERNO (SINAPI 00003262)	UND	179,00	23,88	4.274,52
Lâmpada de Vapor de Sódio 220V/150W – USO EXTERNO (SINAPI 00012216)	UND	21,00	27,24	572,04
Lâmpada de Vapor de Sódio 220V/250W – USO EXTERNO (SINAPI 00003757)	UND	95,00	31,06	2.950,70
Aluguel de Guindaste com cesto aéreo para utilização em rede elétrica para 7,9 metros de altura. Instalação de Luminárias (SINAPI 5929)	H	1.168,00	120,02	140.183,36
Eletricista (SINAPI 00002436)	H	1.168,00	12,38	14.459,84
Auxiliar de Eletricista (SINAPI 00002534)	H	1.168,00	9,34	10.909,12
Luminária aberta para iluminação pública X-68 tipo PETERCO (SINAPI 00003865)	UND	1.558,00	29,12	45.368,96
Braço curvo para luminária para instalar em poste cônico – fabricados em tubos de aço. Provido(s) de segmento(s) para receber luminária(s) com encaixe de 60,3mm de diâmetro inclinado(s) com ângulo de 15° com relação à horizontal. Referência: Braços para iluminação pública BA 2200/1010, fabricados em tubo de aço 1010/1020, zincados a fogo, para instalação de luminárias públicas, com Ø de 60,3mm. (SINAPI 00375680)	UND	1.558,00	108,53	169.089,74
Engenheiro Eletricista (SINAPI 00034783)	H	1.168,00	71,18	83.138,24
<b>Valor Total</b>				<b>545.513,88</b>
<b>Custo Unitário por Pétala = Custo Total/ Quantidade de Lâmpadas</b>				<b>350,13</b>

Tabela 3: Custos unitários de equipamentos, mão de obra e demais custos para implantação do sistema de iluminação pública atua em Ipanema/MG, baseado em lâmpadas de descarga. Fonte: (AUTOR, 2014).

O valor do investimento inicial com o sistema a LED consiste em R\$ 2.018.468,35 descritos na Tabela 4.

DESCRIÇÃO	UNIDADE	QUANTIDADE	V. UNITÁRIO	V. TOTAL
Luminária Modular LED pública 32W, alumínio Injetado, grau de protecao IP67, composta por 18 LED Lighting Class CREE®, fluxo luminoso do led 3.642 lm, temp. de cor 5.000k, Lente IES1 , tensão de trabalho 90 - 305 VAC, vida útil 60.000h 420 X 300 X 65mm. Peso: 5kg. Garantia total de 5 anos. (COTAÇÃO CONEXLED)	UND	556,00	741,22	412.118,32
Luminária Modular LED pública 63W, alumínio Injetado, grau de protecao IP67, composta por 36 LED Lighting Class CREE®, fluxo luminoso do led 7.284 lm, temp. de cor 5.000k, Lente IES1 , tensão de trabalho 90 - 305 VAC, vida útil 60.000h 430 X 300 X 65mm. Peso: 5kg. Garantia total de 5 anos. (COTAÇÃO CONEXLED)	UND	752,00	1.071,47	805.745,44
Luminária Modular LED pública 89W, alumínio Injetado, grau de protecao IP67, composta por 36 LED Lighting Class CREE®, fluxo luminoso do led 9.562 lm, temp. de cor 5.000k, Lente IES1 , tensão de trabalho 90 - 305 VAC, vida útil 60.000h 500 X 300 X 65mm. Peso: 6,5kg. Garantia total de 5 anos. (COTAÇÃO CONEXLED)	UND	155,00	1.086,57	168.418,35
Luminária Modular LED pública 123W, alumínio Injetado, grau de protecao IP67, composta por 54 LED Lighting Class CREE®, fluxo luminoso do led 13.530 lm, temp. de cor 5.000k, Lente IES1 , tensão de trabalho 90~305 VAC, vida útil 60.000h 500 X 300 X 65mm. Peso: 6,5kg. Garantia total de 5 anos. (COTAÇÃO CONEXLED)	UND	95,00	1.284,96	122.071,20
Braçocurvopara luminária para instalar em poste cônico – fabricados em tubos de aço. Provido(s) de segmento(s) para receber luminária(s) com encaixe de 60,3mm de diâmetro inclinado(s) com ângulo de 15° com relação à horizontal. Referência: Braços para iluminação pública BA 2200/1010, fabricados em tubo de aço 1010/1020, zincados a fogo, para instalação de luminárias públicas, com Ø de 60,3mm. (SINAPI 00375680)	UND	1.558,00	108,53	169.089,74
Aluguel de Guindaste com cesto aéreo para utilização em rede elétrica para 7,9 metros de altura. Instalação de Luminárias (SINAPI 5929)	H	1.168,00	120,02	140.183,36
Eletricista (SINAPI 00002436)	H	1.168,00	12,38	14.459,84
Auxiliar de Eletricista	H	1.168,00	9,34	10.909,12

(SINAPI 00002534)				
Engenheiro Eletricista (SINAPI 00034783)	H	1.168,00	71,18	83.138,24
<b>Valor Total</b>				<b>1.926.133,61</b>
<b>Custo unitário por Pétala = Custo Total/ Quantidade de Lâmpadas</b>				<b>1.236,28</b>

Tabela 4: Custos unitários de equipamentos, mão de obra e demais custos para implantação do sistema de iluminação pública a LED em Ipanema/MG. Fonte: (AUTOR, 2014).

Com base no valor de investimento inicial em cada sistema é calculado o valor unitário por Pétala, que representa cada lâmpada instalada no sistema. No que se trata do sistema com VS e VM esse valor é R\$ 350,13 e no sistema com LED R\$ 1.236,28.

Para efeitos de comparação o custo com a implantação do sistema com LEDs que se estuda empregar em Ipanema/MG é 1082% maior que o sistema tradicional, sendo a diferença no investimento entre as duas tecnologias R\$ 1.380.619,73 conforme a Tabela 5:

DESCRIÇÃO	QUANTIDADE (UND)	CUSTO (R\$)	CUSTO TOTAL (R\$)	INVESTIMENTO (R\$)
VS70W	306,00	21,30	6.517,80	
VS100W	179,00	23,88	4.274,52	
VS150W	21,00	27,24	572,04	
VS 250W	95,00	31,06	2.950,70	
VM80W	556,00	4,74	2.635,44	
VM 125W	267,00	9,39	2.507,13	
VM 250W	134,00	18,60	2.492,40	
REATOR VS 70W	306,00	40,90	12.515,40	
REATOR VS 100W	179,00	51,20	9.164,80	
REATOR VS 150W	21,00	61,63	1.294,23	
REATOR VS 250W	95,00	74,25	7.053,75	
REATOR VM 80W	556,00	28,53	15.862,68	
REATOR VM 125W	267,00	34,03	9.086,01	
REATOR VM 250W	134,00	40,58	5.437,72	
LUMIN. ABERT. IP	1.558,00	29,12	45.368,96	
			<b>127.733,58</b>	<b>127.733,58</b>
LUMIN. LED 32W	556,00	741,22	412.118,32	
LUMIN. LED 63W	752,00	1.071,47	805.745,44	
LUMIN. LED 89W	155,00	1.086,57	168.418,35	
LUMIN. LED 123W	95,00	1.284,96	122.071,20	
			<b>1.508.353,31</b>	<b>1.508.353,31</b>
<b>Acréscimo no Custo (R\$)</b>				<b>1.380.619,73</b>
<b>Diferença Percentual (%)</b>				<b>1082%</b>

Tabela 5: Custo de investimento inicial com equipamentos específicos de cada sistema. Fonte: (AUTOR, 2014).

Essa diferença entre os investimentos foi obtida desconsiderando os valores de investimento em comum, tais quais custos com aluguel de guindaste para sustentação dos profissionais responsáveis pela instalação, engenheiro eletricista, eletricista, auxiliar de eletricista e os braços para sustentação das luminárias. Há de se destacar que todos os custos apresentados nas tabelas foram baseados em orçamentos realizados junto a fornecedores presentes no Anexo 7 e também em relatórios de insumos do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI) consultados através do sistema online da Caixa Econômica Federal.

### 5.3. CUSTOS COM ENERGIA ELÉTRICA

O consumo de energia elétrica dos dois sistemas em estudo deve ser estimado com base na maior expectativa de vida útil, nesse caso a da lâmpada LED, ou seja, o cálculo foi realizado de forma com que demonstre os gastos com consumo de energia elétrica dos dois sistemas em um espaço de 14 anos, Tabela 6. Para essa estimativa foi aplicada segundo informações do Anexo 5 o valor da tarifa (B4b) por KWh praticada pela CEMIG (R\$ 0,22794) que é a concessionária local.

DESCRIÇÃO	VALOR DA TARIFA POR KW/H (R\$)	CONSUMO DE ENERGIA ANUAL (KW/h)	CUSTO ENERGIA AO MÊS (R\$)*	CUSTO ENERGIA AO ANO(R\$)*	CUSTO ENERGIA 14 ANOS (R\$)*
VS VM REATORES RELÉS	0,22794	885.058,44	16.811,68	201.740,16	2.824.362,24
LED RELÉS	0,22794	403.587,21	7.666,13	91.993,66	1.287.911,24
<b>Economia anual em 14 anos (R\$)</b>			<b>9.145,55</b>	<b>109.746,50</b>	<b>1.536.451,00</b>
<b>Diferença percentual</b>				<b>119%</b>	
*Incluso impostos e taxas (ICMS, CONFINS, PIS e TD)					

Tabela 6: Estimativa de Consumo de Energia Elétrica do Sistema com lâmpadas de descarga empregado em Ipanema MG e do Sistema com luminárias LED em 14 Anos (Vida Útil Da Luminária Led em referência). Fonte: (AUTOR, 2014).

Os cálculos presentes no Anexo 8 demonstram que o sistema tradicional proporciona um gasto com energia elétrica cuja diferença percentual é de 119% para mais em relação ao LED como pode ser observado na Tabela 6.

#### **5.4. PROJEÇÃO DE CUSTOS COM MANUTENÇÃO**

Para um completo estudo de viabilidade econômica da tecnologia LED para a IP de Ipanema/MG é necessário se levar em conta os custos relacionados à manutenção do sistema, tanto com limpeza mantendo elevado o fluxo luminoso do sistema quanto com a troca de luminárias, dado que essas possuem um tempo de vida útil e também estão expostas a avarias climáticas e depredações. As prefeituras costumam adotar um método para a manutenção da IP que consistem em trocar as luminárias um ano antes de vencer sua vida útil evitando assim uma necessidade de troca em massa ou um blackout no município.

Como o LED possui uma vida útil muito elevada e as luminárias possuem uma grande robustez, seu intervalo de manutenção é maior em relação à tecnologia tradicional, que no caso de Ipanema é toda baseada em luminárias abertas.

Essas luminárias como possuem 14 anos de vida útil teoricamente não precisariam de manutenção, mas considerando sua troca no penúltimo ano de sua vida útil, necessidade por limpezas para manter sua eficiência ou no pior dos casos as avarias e depredações sejam freqüentes foram estabelecidos alguns parâmetros para estabelecer seu valor de manutenção.

No primeiro parâmetro, Parâmetro (A), considera se que no pior das hipóteses, metade das luminárias do sistema precisariam ser trocadas no mínimo uma vez considerando esse período, desconsiderando as trocas pela garantia de 5 anos proposta pelos fabricantes. Dessa forma é demonstrado que a atual tecnologia apresenta um custo 123% maior que o sistema proposto como mostra a Tabela 7.

DESCRIÇÃO	VIDA ÚTIL (MÉDIA EM ANOS)	INTERV. ANO DA MANUT.	QTDE DE MANUT.	VALOR DA MANUT. POR PÉTALA (R\$)	VALOR MENSAL DA MANUT. (R\$)	VALOR ANUAL DA MANUT. (R\$)	VALOR DA MANUT. EM 14 ANOS (R\$)
SISTEMA COM LED	14	13	0,5	3.582	5.581,56	66.978,81	937.703,34
SISTEMA COM VS E VM	4,2	3,2	4.7	8,000	12.464,00	149.568,00	2.093.952,00
<b>Economia anual 14 anos</b>							<b>1.156.248,66</b>
<b>Diferença Percentual</b>							<b>123%</b>

Tabela 7: Custos manutenção dos sistemas LED e VS e VM em 14 anos. Manutenção da metade do Sistema LED. Fonte: (AUTOR, 2014)

No segundo parâmetro, o Parâmetro (B), considera se que a manutenção das luminárias ocorra no período máximo de sua vida útil, ou seja, não seria mais manutenção e sim o investimento em um novo sistema. Porém adota se o fator de manutenção de 75% (item 3.2), ou seja, considera se ainda que uma parcela de 25% das luminárias necessite realmente de substituição causada por avarias climáticas ou depredações. Nesse contexto a Tabela 8 mostra que o sistema atual representa um custo com manutenção 346% maior que o sistema proposto.

DESCRIÇÃO	VIDA ÚTIL (MÉDIA EM ANOS)	INTERV. ANO DA MANUT.	QTDE DE MANUT.	VALOR DA MANUT. POR PÉTALA (R\$)	VALOR MENSAL DA MANUT. (R\$)	VALOR ANUAL DA MANUT. (R\$)	VALOR DA MANUT. EM 14 ANOS (R\$)
SISTEMA COM LED	14	14	0,2	1,791	2.790,78	33.489,40	468.851,67
SISTEMA COM VS E VM	4,2	3,2	4.7	8,000	12.464,00	149.568,00	2.093.952,00
<b>Economia anual 14 anos</b>							<b>1.625.100,33</b>
<b>Diferença Percentual</b>							<b>346%</b>

Tabela 8: Custos manutenção dos sistemas LED e VS e VM em 14 anos. Manutenção no máximo de sua vida útil. Fonte: (AUTOR, 2014).

É importante destacar que para esse cálculo dos custos com manutenção foram considerados os dados atuais apresentados pela CEMIG em relação ao sistema atual de IP de Ipanema. Nele é possível observar que atualmente o custo já

tem o valor delimitado de R\$ 8,00 por ponto de iluminação da cidade como descrito no Anexo 5 sendo necessárias em 14 anos 4,7 manutenções das luminárias, levando em consideração sua troca no penúltimo ano da vida útil. Relata se também que os reatores e as luminárias abertas que são os equipamentos específicos para esse sistema possuem vida útil de 10 anos, portanto são efetuadas 1,4 trocas dos mesmos no período. Os braços para as luminárias tanto do sistema antigo quanto para o sistema a LED necessitam ser trocados após vinte anos, então foi considerado durante 14 que eles necessitariam de 0,7 manutenções.

### 5.5. CÁLCULO DE RETORNO FINANCEIRO

Com a implantação de um projeto, qualquer que seja, quando se fala em um retorno financeiro espera se que esse seja maior do que o valor empregado no investimento e na sua manutenção durante um determinado tempo. Na implantação da tecnologia LED na IP de Ipanema/MG há de se considerar três pilares de sustentação do projeto e compará-los juntamente ao sistema com VS e VM: os custos de investimento, os custos de manutenção e os custos com consumo de energia elétrica.

Analisando esses custos de forma simplificada é possível de se relatar que a tecnologia atual do sistema de Ipanema representa um custo 31% maior no período de 14 anos considerando o Parâmetro (A) estabelecido para manutenção do projeto, como pode se observar na Tabela 9.

DESCRIÇÃO	CUSTO DE INVESTIMENTO (R\$)	CUSTO DE MANUTENÇÃO	CUSTO DO CONSUMO DE ENERGIA EM 14 ANOS (R\$)	CUSTO TOTAL EM 14 ANOS (R\$)
SISTEMA ATUAL	545.513,88	2.093.952,00	2.824.362,24	5.463.828,12
SISTEMA LED	1.926.133,61	937.703,34	1.287.911,24	4.151.748,19
<b>Economia anual 14 anos</b>				<b>1.312.079,93</b>
<b>Diferença proporcional</b>				<b>31%</b>

Tabela 9: Cálculo simplificado do custo total do investimento e consumo de energia em 14 anos – Sistema atual x Sistema proposto. Considerando manutenção em metade do sistema a LED nesse período. Fonte: (AUTOR, 2014).

Considerando o Parâmetro (B), onde a manutenção se aproxima ao máximo da estabelecida pelos fabricantes de LED o custo com o sistema atual se define 48% maior do que com a tecnologia proposta como mostra a tabela 10.

DESCRIÇÃO	CUSTO DE INVESTIMENTO (R\$)	CUSTO DE MANUTENÇÃO	CUSTO DO CONSUMO DE ENERGIA EM 14 ANOS (R\$)	CUSTO TOTAL EM 14 ANOS (R\$)
SISTEMA ATUAL	545.513,88	2.093.952,00	2.824.362,24	5.463.828,12
SISTEMA LED	1.926.133,61	468.851,67	1.287.911,24	3.682.896,52
<b>Economia anual 14 anos</b>				<b>1.780.931,60</b>
<b>Diferença proporcional</b>				<b>48%</b>

Tabela 10: Cálculo simplificado do custo total do investimento e consumo de energia em 14 anos – Sistema atual x Sistema proposto. Considerando manutenção em 20% do sistema. Fonte: (AUTOR, 2014).

Há de se destacar, no entanto, que o tempo de retorno se é que ele irá realmente se consolidar depende das taxas de juros associadas ao dinheiro inicialmente empregado para a implantação do projeto e da capacidade de lucro que poderá se alcançar.

Para começo de um cálculo mais fundamentado é de praxe calcular a estimativa do fluxo de benefícios e custos que irão se consolidar durante os 14 anos (SALES, 2011, p.117). Ela irá englobar os custos com a manutenção e os benefícios com a economia de energia totalizando ao final o FBC (Fator de Benefício e Custos) baseado na Equação (4) abaixo:

$$\text{Equação: } FBC = EE2 - M2 + M1 \quad \dots(4)$$

Equação 4: Fator de Benefícios e Custos. Fonte: (MPPE, 2008).

Sendo:

EE2: Economia com energia pelo sistema proposto.

M2: Manutenção com o sistema proposto

M1: Manutenção com o sistema atual

A primeira estimativa realizada presente na Tabela 11 considera para

manutenção o Parâmetro (A), totalizando um FBC de R\$ 192.335,69.

<b>FLUXOS DE BENEFÍCIOS E CUSTOS (14ANOS)</b>	<b>VALOR REFERENTE (R\$)</b>
Economia com Energia (R\$)	1.536.451,00
Manutenção LED (R\$)	937.703,34
Manutenção VS e VM (R\$)	2.093.952,00
<b>FLUXOS DE BENEFÍCIOS E CUSTOS (ANUAL)</b>	<b>VALOR REFERENTE (R\$)</b>
Economia com Energia (R\$)	109.746,50
Manutenção LED (R\$)	66.978,81
Manutenção VS e VM (R\$)	149.568,00
<b>FBC</b>	<b>192.335,69</b>

Tabela 11: Estimativa de fluxos de benefícios e custos da troca do sistema atual de Ipanema/MG pelo sistema a LED. Parâmetro (A). Fonte: (AUTOR, 2014).

A segunda estimativa realizada presente na Tabela 12 considera para manutenção o Parâmetro (B), totalizando um FBC de R\$225.825,10.

<b>FLUXOS DE BENEFÍCIOS E CUSTOS (14ANOS)</b>	<b>VALOR REFERENTE (R\$)</b>
Economia com Energia (R\$)	1.536.451,00
Manutenção LED (R\$)	468.851,67
Manutenção VS e VM (R\$)	2.093.952,00
<b>FLUXOS DE BENEFÍCIOS E CUSTOS (ANUAL)</b>	<b>VALOR REFERENTE (R\$)</b>
Economia com Energia (R\$)	109.746,50
Manutenção LED (R\$)	33.489,40
Manutenção VS e VM (R\$)	149.568,00
<b>FBC</b>	<b>225.825,10</b>

Tabela 12: Estimativa de fluxos de benefícios e custos da troca do sistema atual de Ipanema/MG pelo sistema a LED. Parâmetro (B). Fonte: (AUTOR, 2014).

Calculado o FBC, é proposto o estudo do fluxo de caixa do projeto. Eleanalisa o investimento ao ser realizado no mesmo e o retorno anual conseqüente durante “x” períodos de tempo. Todo esse montante é acumulado em um valor futuro após seu tempo total. Segundo (ASCURRA, 2013, p.128,129);

Para que o fluxo de caixa se mantenha as empresas tendem a realizar avaliações financeiras como o método do Valor Presente Líquido (VPL) que estimam previamente o fluxo e o caixa líquido em termos do valor atual. A distribuição dos custos e investimentos em um determinado tempo é trabalhada através do fator de recuperação de capital, primeiramente baseando na equação do Fator de Valor Presente (FVP) para então utilizar

o método do Valor Presente Líquido, do valor anual uniforme, do tempo retorno de capital e da taxa interna de retorno.

Para que essa análise seja precisa deve se adotar taxas de juros divididas por cem e que sejam anuais, pois tratam se nesse caso de períodos anuais. Como trata se de anuidades iguais e intervalos de tempos iguais pode se utilizar a Equação (5) do Fator de Valor Presente (FVP)(ANEEL, 2008):

$$FVP = \frac{(1+i)^n - 1}{ix(1+i)^n}; \quad \dots(5)$$

Equação 5: Fator de Valor Presente. Fonte: (MPEE, 2008).

Sendo:

FVP = fator de valor presente

i = taxa de juros (taxa de desconto que será 8%)

n = vida útil do LED, calculada através da Equação 1

O método do Valor Presente Líquido (VPL) descreve os valores futuros do fluxo de caixa na data inicial do projeto, possibilitando melhor controle do balanço de receitas e despesas esperadas. Ele pode ser demonstrado através da Equação (6), sendo que o valor da taxa mínima de atratividade ou de desconto será 8% a.a., conforme a ANEEL orienta no seu manual de elaboração de eficiência energética de 2008 (ANEEL, 2008).

$$VPL_n = -IN_0 + FBCx FVP_n \quad \dots(6)$$

Equação 6: Valor Presente Líquido. Fonte: (MPEE, 2008).

Sendo:

$VPL_n$  – valor presente líquido no ano “n”

$IN_0$  – investimento inicial

FBC – fluxos de benefícios ou custos esperados ao longo do tempo

$FVP_n$  – fator de valor presente no ano “n”

Este indicador é utilizado quando se deseja comparar alternativas mutuamente excludentes, no caso desse trabalho um modelo de iluminação que seria substituído por outro. Segundo (Veras, 2001, p.29), o método consiste em calcular o valor presente líquido do saldo das entradas e saídas de caixa do investimento que está sendo analisado, usando a taxa de atratividade do investidor.

A viabilidade econômica de um projeto analisado pelo método do VPL é indicada pela diferença positiva entre receitas e custos, atualizados a determinada taxa de juros. Esse método da Engenharia Econômica fornece dados seguros para uma tomada de decisão sobre o investimento.

A Tabela 13 mostra que no caso da implantação do LED na IP de Ipanema/MG considerando o Parâmetro (A) para a manutenção o retorno acontece antes do término sua vida útil, no 12º ano, onde o VPL tem um valor acima de (0). Isso leva a consideração que nesse parâmetro o LED para a IP de Ipanema se mostra a princípio uma tecnologia economicamente viável.

<b>INVESTIMENTO INICIAL DA TECNOLOGIA LED MENOS O</b>			
<b>INVESTIMENTO COM A TECNOLOGIA ATUAL(R\$)</b>			<b>R\$ 1.380.619,73</b>
<b>TEMPO (ANO)</b>	<b>FVP (i = 8%)</b>	<b>FBC (R\$)</b>	<b>VPL (R\$)</b>
1	0,9259	192.335,69	-1.202.536,11
2	1,7832	192.335,69	-1.037.646,72
3	2,5770	192.335,69	-884.970,65
4	3,3121	192.335,69	-743.584,69
5	3,9927	192.335,69	-612.681,02
6	4,6228	192.335,69	-491.490,50
7	5,2063	192.335,69	-379.262,42
8	5,7466	192.335,69	-275.343,45
9	6,2468	192.335,69	-179.137,14
10	6,7100	192.335,69	-90.047,25
11	7,1389	192.335,69	-7.554,47
12	7,5360	192.335,69	68.822,02
13	7,9038	192.335,69	139.563,09
14	8,2442	192.335,69	205.034,16

Tabela 13: Valores obtidos para o método do valor presente líquido, com juros de 8% a.a. Parâmetro (A). Fonte: (AUTOR, 2014).

Já a Tabela 14 mostra a mesma implantação do LED na IP de Ipanema/MG, mas agora considerando o Parâmetro (B) para a manutenção. Nesse caso o retorno acontece no 9º ano de sua vida útil quando o VPL fica acima de (0).

Com isso conclui-se que as luminárias LED nessas condições de manutenção parametrizadas e a atualização com juros de 8% a.a. são viáveis economicamente.

Além de o retorno financeiro ocorrer antes de sua vida útil em ambos os casos, ele se dá em um tempo que possibilita a obtenção de um lucro considerável ao final da vida útil da tecnologia proposta.

<b>INVESTIMENTO INICIAL DA TECNOLOGIA LED MENOS O</b>			
<b>INVESTIMENTO COM A TECNOLOGIA ATUAL(R\$)</b>			<b>R\$ 1.380.619,73</b>
<b>TEMPO (ANO)</b>	<b>FVP (i = 8%)</b>	<b>FBC (R\$)</b>	<b>VPL (R\$)</b>
1	0,9259	225.825,10	-1.171.528,26
2	1,7832	225.825,10	-977.928,41
3	2,5770	225.825,10	-798.668,44
4	3,3121	225.825,10	-632.664,41
5	3,9927	225.825,10	-478.967,85
6	4,6228	225.825,10	-336.675,45
7	5,2063	225.825,10	-204.906,51
8	5,7466	225.825,10	-82.893,21
9	6,2468	225.825,10	30.064,50
10	6,7100	225.825,10	134.666,91
11	7,1389	225.825,10	231.523,07
12	7,5360	225.825,10	321.198,22
13	7,9038	225.825,10	404.256,69
14	8,2442	225.825,10	481.127,55

Tabela 14: Valores obtidos para o método do valor presente líquido, com juros de 8% a.a. Parâmetro (B). Fonte: (AUTOR, 2014).

É importante considerar a tecnologia LED vem evoluindo periodicamente em relação ao aumento de sua eficiência elétrica e redução de seu custo inicial, de forma que o retorno financeiro ao longo desses 14 anos tende a ser atingido em um menor tempo que o constatado, estabelecendo um lucro também em maior proporção.

Levando em conta a viabilidade econômica a tecnologia LED ainda possui aspectos técnicos que podem ser decisivos na opção por sua tecnologia como: melhor qualidade na iluminação, a redução da emissão de  $CO_2$  para a atmosfera e a ausência de produtos tóxicos entre seus componentes. Portanto, a tecnologia LED se estabelece como uma alternativa atrativa para os projetos de eficiência em iluminação pública.

## 6. CONCLUSÃO

Os estudos fornecidos por esse trabalho possibilitaram a constatação que em um projeto de IP a potência instalada não é o suficiente para delinear a qualidade do serviço como demonstram as luminárias LED. Elas estabelecem que para um bom serviço de iluminação pública as tecnologias empregadas devem possuir eficiência na conversão da energia elétrica em energia luminosa, uma boa reprodução de cores, um bom rendimento e aproveitamento melhor do seu fluxo luminoso.

Entretanto, pode se constatar que atualmente vários projetos são realizados levando se em consideração somente a potência das lâmpadas, dando a esta característica uma superestimação que acaba por prejudicar o município. Colocando em pauta esse motivo e a escassez até então de alternativas atraentes em todos os requisitos, o que acontece atualmente na IP em geral é uma grande quantidade de execução de projetos baseados nas lâmpadas de vapor de sódio e vapor de mercúrio, pois tratam se de tecnologias já consolidadas no mercado, com uma grande potência e de custo reduzido. No entanto, com o surgimento e a evolução da aplicação da tecnologia LED na IP, estes conceitos devem ser repensados.

Os dados obtidos sobre os LEDs mostraram que eles apresentam índice de reprodução de cores (IRC) >70, muito superiores as VS e VM que possuem respectivamente em média respectivamente 25 e 40. Há de se destacar a vida útil do diodo emissor de luzem relação às outras duas tecnologias sendo sua durabilidade da ordem de 60.000 horas de operação correspondendo aproximadamente uma vida útil de 14anos. A lâmpada de VS utilizadas na IP de Ipanema/MG alcançam em média apenas 24.000 horas correspondendo a 3,5 anos e a lâmpada vapor de mercúrio 16.000 correspondendo a 5,5 anos. Isso implica na redução da manutenção dessas lâmpadas e em uma redução de custos no projeto.

O LED propicia para a sociedade de Ipanema/MG a atenção de suas necessidades com uma menor potência instalada, proporcionando para o município um menor consumo e para a concessionária a possibilidade de disponibilizar a energia economizada para outros setores onde as tarifas são mais atrativas. Nessa abordagem da eficiência elétrica as luminárias LED apontaram um potencial menor que a potência demandada pelo atual sistema. Com isso obteve-se uma economia de consumo de energia estimada em KWh por mês, ou MWh por ano.

Em relação aos impactos ambientais desse projeto de mudança do atual modelo de iluminação por LED, a melhor eficiência elétrica ocasionada por ela é fator determinante para uma política de redução dos efeitos decorrentes das emissões de gases causadores do efeito estufa e destruidores da camada de ozônio. Outro aspecto importante ao se analisar os impactos ambientais por esse padrão, é o descarte das lâmpadas de iluminação pública, dado que o modelo substituído promove constantemente o risco de contaminação por mercúrio associado à sua quebra. Uma grande quantidade dessas lâmpadas a serem descartadas pode acarretar na contaminação dos profissionais envolvidos na sua manipulação e se realizadas em um local inapropriado contaminar o solo e o lençol freático do município, o que pode ser muito mais oneroso para o mesmo do que o investimento em uma nova tecnologia de IP como o LED, que não possui em sua constituição materiais tóxicos e que necessita de uma menor quantidade de descartes dados seu desempenho e vida útil superior.

Como foi demonstrado o investimento para implantação da tecnologia proposta para a cidade de Ipanema/MG é maior do que para a tecnologia atual, contudo houve uma economia de com os custos anuais com energia elétrica e com manutenção pelo sistema proposto. Ao que se trata na comparação dos gastos com a manutenção dos dois sistemas foram analisadas duas situações. Na primeira, considerando que a manutenção da tecnologia LED implantada fosse realizada em metade do sistema ao menos uma vez durante os 14 anos de sua vida útil tendo a necessidade de troca do equipamento, o montante investido se mostrou 123% menor do que com a manutenção da tecnologia atual durante esse mesmo período. Na segunda situação foi considerado para a manutenção do LED que apenas 25% do sistema implantado necessitasse ser trocado durante sua vida útil acarretando em um montante investido 346% menor do que com o atual sistema.

Em ambas as situações apresentadas, considerando os dois modelos de manutenção da nova tecnologia, o que se observou foi uma possibilidade do retorno financeiro. Utilizando se o primeiro parâmetro para a manutenção esse retorno no 12º ano de sua vida útil. Já se valendo do segundo parâmetro para a manutenção o retorno já se mostrou no 9º ano da implantação, em ambos os casos considerando somente os ganhos com consumo de energia e manutenção, podendo ainda obter resultados melhores se considerar os demais benefícios da tecnologia.

Desta forma ao comparar os dois sistemas foi constatado que a implantação da iluminação pública a tecnologia LED em Ipanema/MG atingiu o patamar de viabilidade econômica. Entretanto para constatar com maior segurança sobre o possível retorno financeiro favorável no contexto da viabilidade econômica é necessário estudos baseados em sistemas já implantados sobre o tempo de manutenção do LED. Como se trata de uma tecnologia que está recentemente ganhando o mercado os dados fornecidos por fabricantes para esse quesito ainda estão em uma fase de descrença, impossibilitando uma elaboração baseada em dados estatísticos.

Ao se levar os aspectos ambientais abordados, e a constante atualização do mercado da tecnologia dos Diodos Emissores de Luz (LED) tanto no aumento de eficiência quanto na redução dos custos, esse modelo se apresenta como uma nova alternativa atrativa para o sistema de IP atual de Ipanema/MG.

### **6.1. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS**

- 1) Análise aprofundada sobre a depreciação física dos equipamentos utilizados em uma Iluminação Pública baseada no LED, dado que a manutenção da mesma sobre a qual não se possui muitos dados técnicos e estatísticos influencia diretamente na possibilidade do retorno financeiro do projeto ser alcançado em um menor tempo.
- 2) Análise da viabilidade técnica e econômica da utilização de energia solar para alimentação de lâmpadas LED em uma possível implantação em Ipanema/MG, através da utilização de placas fotovoltaicas.
- 3) Estudo aprofundado sobre índices econômicos que possam pautar sobre possíveis decréscimos de custo de investimento em lâmpada LED para IP colaborando para um retorno mais rápido do mesmo.
- 4) Analisar a viabilidade técnica e econômica da tecnologia LED na Iluminação Pública de Ipanema/MG praticando o novo modelo já com a transferência dos ativos

de Iluminação Pública para a Prefeitura local, a qual acarretará uma possível mudança na arrecadação do município.

5) Realizar um estudo de viabilidade da tecnologia LED para a Iluminação Pública do município de Ipanema/MG sob o ponto de vista econômico/ambiental abordando em que a implantação desse sistema acarretaria ao meio ambiente da cidade e os impactos econômicos que poderiam ser evitados com a redução de descartes das lâmpadas atuais.

## 7. REFERÊNCIAS

ALMEIDA, J. G. P. **Uso da tecnologia de estado sólido (LEDs) na iluminação pública**. Cemig, 2005. Segundo seminário de eficiência energética na iluminação pública, RJ.

ANEEL– Agência Nacional de Energia Elétrica. **Resolução nº 456 de 29 de novembro de 2000**. Disponível em: <<http://www.arsal.al.gov.br/servicos/sobre-energia-1/legislacao-do-setor-eletrico-anel/res2000456.pdf>> Acessado em 05 de nov. de 2014.

ALFALUM. **Como selecionar e comparar luminárias LEDs para aplicações de iluminação exterior**. Associação espanhola de fabricantes de iluminação. ANIMEE. Janeiro 2010. Disponível em: < <http://anfalum.com/comunicas.asp> >. Acessado em: 27 nov. 2014.

ASCURRA, R. E. **Eficiência elétrica em iluminação pública utilizando tecnologia led: um estudo de caso**. Programa de pós-graduação em engenharia de edificações e ambiental. (Dissertação) Universidade Federal do Mato Grosso. Cuiabá, 2011. p.29.

BLUESPAN. **Iluminação pública a LED, um novo conceito**, Junho 2009. Disponível em: < [http://www.energiaviva.pt/pdf/dossier/iluminacao\\_publica\\_a\\_LED\\_um\\_novo\\_conceito.pdf](http://www.energiaviva.pt/pdf/dossier/iluminacao_publica_a_LED_um_novo_conceito.pdf) >. Acessado em: 25 nov. 2014.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado, 1988. Art. 30.

CARDOSO, R. B. **Avaliação do impacto energético do uso de lâmpadas fluorescentes compactas no setor residencial brasileiro**. Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI.p.04.

CREE. **XLamp XP-G LEDs Data Sheet**. Cree. 2010 Disponível em: <[www.cree.com/xlamp](http://www.cree.com/xlamp)>. Acessado em 28 de out. 2014.

ELETROBRÁS – Centrais Elétricas Brasileiras S.A. **Gestão Energética Municipal**. Rio de Janeiro, 2004. p.39.

ELETROBRÁS. **Iluminação pública no Brasil**. Eletrobrás, Procel 2010. Disponível em: <<http://www.eletobras.com/elb/procel/main.asp?TeamID={EB94AEA0-B206-43DE8FBE-6D70F3C44E57}>>. Acessado em: 17 nov. 2014.

ELETROBRÁS – Centrais Elétricas Brasileiras S.A. PROCEL – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica. **Iluminação Eficiente: Iniciativas da Eletrobras Procel e Parceiros**. Rio de Janeiro, 2013. p. 6.

FRÓES DA SILVA, L. L. **Iluminação Pública no Brasil: Aspectos Energéticos e Institucionais**. (Dissertação) Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2006. p.39

HUANG S. C.; LEE L.L.; JENG M. S.; HSIEH Y. C.; **Assessment of energy-efficient LED street lighting through large-scale demonstration**. IEEE. Renewable Energy Research and Applications (ICRERA). Nov, 2012, 5p.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico 2010**. Disponível em: <<http://www.censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?uf=31>> Acessado em 23 de out. de 2014.

JOSEMAR. LED - **Nova fronteira tecnológica da iluminação**, Horus Energia. Junho 2009, São Paulo. Trabalho apresentado no 6º Congresso Brasileiro de Eficiência Energética.

LOPES, S.B. **Eficiência energética em sistemas de iluminação pública**. Dissertação de mestrado, USP, 2002.

MPEE. ANEEL. **Manual de Programa de Eficiência Energética 2008**.

Disponível em < [www.aneel.gov.br](http://www.aneel.gov.br)> Acesso em 28. out. de 2014.

NASCIMENTO, A. **Análise Do Uso Da Tecnologia Led Na Iluminação Pública: Estudo Das Perspectivas De Aplicação Na Cidade De São Paulo.** Universidade Federal do ABC. (Dissertação) Pós Graduação em Energia. Santo André, 2012. p.02.

PAULIN, D. **Full cutoff lighting: the benefits.** IESNA, 2001. Disponível em: < [www.iesna.org](http://www.iesna.org)>. Acessado em: 20 de nov. 2014.

PHILIPS, **Iluminação.** Philips, 2010. Disponível em: <<http://www.philips.com.br/sites/philipsbr/about/company/global/businesses/lighting/index.page>>. Acessado em: 29 out. 2014.

PROCEL - Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica. **Programa Nacional de Iluminação Pública e Sinalização Semafórica Eficientes.** 2014. Disponível em: <<http://www.eletrobras.com/pci/data/Pages/LUMIS623FE2A5ITEMID6C524BD8642240ECAD7DEF8CD7A8C0D9PTBRIE>> Acessado em 04 de nov. de 2014.

RODRIGUES, C. R. B. S.; **Contribuições ao uso de diodos emissores de luz em iluminação pública.** Universidade federal de juiz de fora – UFJF. (Dissertação) Programa de pós-graduação em engenharia elétrica. Juiz de Fora, 2012.p.56,57.

RODRIGUES, C. R. B. S.; ALMEIDA, P. S.; PINTO, D. P.; BRAGA, H. A. C., **Emprego de LEDs como alternativa para sistemas de iluminação pública.** Revista Lumière. São Paulo, maio de 2012. p.50.

SALES, R. P. **LED, o novo paradigma da Iluminação Pública.** Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento de Tecnologia - PRODETEC), do Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento (LACTEC), e Instituto de Engenharia do Paraná (IEP). 2011. Curitiba. p.19, 24, 49, 59, 62, 65,117.

SILVA, L. L. F., **Iluminação Pública no Brasil: Aspectos Energéticos e Institucionais**. (Dissertação) Mestrado em Engenharia Elétrica. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

SECRETARIA DE ENERGIA DO GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Iluminação Pública Guia do Gestor**. São Paulo, 2013. p.9,10.

SILVEIRA, M. C. F., MALDONADO O. A., CARVALHO, S. G. P., SILVEIRA, J. L. **Benefícios ambientais e energéticos da utilização da tecnologia LED em sistemas de iluminação pública**. Universidade Estadual Paulista. Bonito-MS. Disponível em <[http://www.labplan.ufsc.br/congressos/CBA2010/Artigos/66237\\_1.pdf](http://www.labplan.ufsc.br/congressos/CBA2010/Artigos/66237_1.pdf)> Acessado em 25 nov. 2014.

SIQUEIRA, M. DA. **PROCEL, O Programa Nacional de Iluminação Pública e Sinalização Semafórica Eficientes – RELUZ**. PROCEL. 2008. Disponível em: <[www.ceiprs.com.br/docs/RELUZ\\_Labelo\\_21-08-08.pdf](http://www.ceiprs.com.br/docs/RELUZ_Labelo_21-08-08.pdf)>. Acessado em: 17 out. 2014.

VERAS, L. L. **Matemática financeira: uso de calculadoras financeiras, aplicações ao mercado financeiro, introdução à engenharia econômica, 300 exercícios resolvidos e propostos com respostas**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2001.p.29.

## 8. ANEXOS

### 8.1. ANEXO 1 – HISTÓRIA DA ILUMINAÇÃO PÚBLICA

A **História da Iluminação** começa com a História do Homem. Os resíduos materiais que o tempo preservou, datados da época de nossos ancestrais de 500.000 anos atrás, servem para se interpretar o modo como viviam, os materiais disponíveis numa ou noutra região do planeta. (DERZE, 2008) Desde a pré-história, a evolução está ligada à utilização da iluminação natural e artificial. O desenvolvimento do cérebro está relacionado às funções da visão, desde as formas de vida mais primitivas até a espécie humana, tendo a iluminação papel fundamental para tal desenvolvimento. Nos povos antigos, já havia indícios de uso da iluminação artificial por meio da utilização de óleo. Séculos mais tarde, o óleo de baleia passou a ser empregado em diversos países.

No ano de 8000 a.C., na Mesopotâmia, foram empregadas lâmpadas de óleo. A primeira menção a velas é do ano de 5.000 a.C. Com a ajuda de pratos ou cubas com gordura animal, era colocada uma fibra vegetal que funcionava como fonte de luz. Mas o estado da gordura era líquido, diferente das velas encontradas no Egito antigo, que eram sólidas. (MARTINS, 2011)

Na Idade Média os seres humanos vinham tentando resolver o problema da escuridão com velas e outros artefatos, neste período, eram usadas tochas com fibras torcidas e impregnadas com material inflamável.

Foi no século XV que a iluminação pública tornou-se uma preocupação nas cidades. Isso porque a história aponta o ano de 1415, na Inglaterra, como a data do embrião da iluminação urbana, que nasceu como uma solução para amenizar a violência e, principalmente, os roubos a comerciantes, que aconteciam com frequência na região.

As lâmpadas a gás foram utilizadas em larga escala durante o século XIX e início do século XX, quando foram substituídas pelas lâmpadas elétricas. Foi o mecânico alemão Johann Heinrich Goebel (1818–1893) quem inventou a lâmpada, em 1854. Seu mecanismo continha fibras de bambu e ampolas de vidro transparente. Em 1867, o engenheiro alemão Werner Siemens criou o dínamo, mecanismo que permite a utilização industrial da eletricidade. Com essa ajudinha, foi Thomas Edison (1847 - 1931), que além de inventor era empresário, quem transformou a lâmpada incandescente em um produto para consumo.

O químico austríaco Carl Auer von Welsbach revolucionou a lâmpada de Edison, com a introdução do filamento incandescente de metal.

Passo importante também foi dado por William David Coolidge quando conseguiu trefilar o tungstênio para utilização na lâmpada incandescente, por volta de 1909”, explica o engenheiro da GE, Luciano Rosito. Os filamentos de tungstênio permitiram que as lâmpadas funcionassem em temperaturas mais elevadas, o que possibilitou uma luz mais branca e mais intensa com o mesmo consumo de energia. Começavam então a sair de cena os lampiões com combustível e os faroleiros que colocavam manualmente lanternas em alguns locais para a entrada dos sistemas de iluminação a eletricidade. Mas este progresso deu-se de forma paulatina, afinal, as lâmpadas

instaladas primeiro nos Estados Unidos, em 1879, ainda não eram confiáveis. O antigo e o moderno dividiam a função de iluminar as ruas da cidade. (ROSITO, 2009)

Em 1882, a primeira cidade do mundo a ter iluminação pública gerada por uma termelétrica foi Nova Iorque, mas o Brasil, que em alguns momentos se mostrou atrasado para importar novidades, foi extremamente rápido neste período.

## 8.2. ANEXO 2 – A ILUMINAÇÃO PÚBLICA NO BRASIL

Antes e após a chegada dos portugueses ao Brasil, em 1500, os indígenas (povoadores) utilizavam a luz do fogo (fogueiras) e a claridade da Lua como forma de iluminar suas noites. Não há registro de outra forma de iluminação usada na época.

Os portugueses trouxeram consigo as formas de iluminação utilizadas na Europa, como a lamparina à base de óleos vegetais ou animal. O óleo de oliva era um dos mais utilizados, mas era fabricado somente na Europa, por isso tinha altos custos, somente uma elite nobre o utilizava.

Com o alto custo do óleo de oliva, rapidamente ele foi substituído por outros óleos fabricados no Brasil, como o óleo de coco e de mamona (principalmente). Posteriormente, foram produzidos os óleos derivados de gordura animal (principalmente peixes) e fabricadas velas feitas de gorduras e de cera de abelha (produtos que não eram utilizados nas residências da população pobre), em razão do alto preço.

Até o século XVIII, não existia iluminação pública – nos momentos de festas e comemorações, a população iluminava as faixadas das casas com as velas feitas de sebo e gordura. No século XIX, algumas cidades brasileiras passaram a ser iluminadas com lâmpadas de óleo de baleia. Na cidade do Rio de Janeiro, a iluminação pública à base de óleos vegetais e animais foi implantada no ano de 1794.

No início do século XIX, a iluminação pública contava com poucos lampiões em ruas específicas. Hoje, no Brasil, existem cerca de 15 milhões de pontos de iluminação pública, dos quais 9,5 milhões precisam ser renovados e três milhões necessitam de novas instalações, segundo a Eletrobras. Essa situação indica que a história da iluminação pública está bem longe de ter ponto final. Precisa ser reescrita diariamente, pois sua importância vai além do embelezamento da cidade. Trata-se de peça fundamental para a segurança pública (MARTINS, 2011).

Conforme Rosito (2009) no Brasil, os primórdios da iluminação pública nos remetem ao século XVIII, quando foram instaladas cerca de 100 luminárias a óleo de azeite pelos postes da cidade do Rio de Janeiro, em 1794. Em Porto Alegre, há registro fotográfico dos acendedores de lampiões no início do século XX. Em 1883, mais exatamente no dia 24 de julho, em Campos, no Rio de Janeiro, utilizou-se de uma máquina a vapor para iluminar o distrito com 39 lâmpadas, sob o comando de D. Pedro II. Era o início de uma nova era para a iluminação pública aqui no País.

Então, em 1887, uma usina elétrica começa a operar em Porto Alegre, dando origem ao primeiro serviço municipal de iluminação elétrica. Essa evolução passa a ganhar outras cidades.

Com a utilização da luz elétrica, a iluminação pública começa a viver uma nova era. Da mesma forma, a utilização das lâmpadas de descarga e a melhoria da eficiência dos equipamentos de iluminação propiciaram um salto nos níveis de iluminação.

No início do século XX, intensifica-se a evolução da geração de energia no Brasil, contribuindo para a evolução da iluminação pública. Cidades como o Rio de Janeiro apresentavam uma evolução de dez mil pontos por década na primeira metade do século XX. Este acréscimo ainda foi intensificado a partir dos anos 1960 quando se inicia a utilização em larga escala das lâmpadas de descarga.

A invenção da lâmpada elétrica implicou um grande salto para o mundo da iluminação. Partindo da incandescente, passando pelas lâmpadas a vapor de mercúrio, a vapor de sódio, a multivapores metálicos, pelas lâmpadas de indução e chegando aos Leds, percebe-se uma transformação radical nos conceitos de iluminação da mesma forma que as transformações da sociedade ditaram mudanças no modo de vida e na organização social.

Na tentativa de alcançar a perfeição na iluminação de ruas, foram feitos muitos testes. “Praticamente todos os tipos de lâmpadas foram utilizados, sendo que muitas tecnologias de forma inapropriada, seja deixando a lâmpada exposta ao tempo, seja por sua aplicação incorreta”, explica Rosito. Para fazer uma comparação, em 1901, desenvolveu-se a lâmpada a vapor de mercúrio a baixa pressão. Em 1908, foi a vez da lâmpada a vapor de mercúrio a alta pressão. A lâmpada a vapor de sódio de alta pressão chegou em 1931. A de baixa pressão é de 1933 e em 1941 chegou a lâmpada mista.

“A lâmpada a vapor de mercúrio a alta pressão foi amplamente utilizada por sua tecnologia ter se tornado acessível e produzir luz branca. Apesar de ter surgido antes, a lâmpada a vapor de mercúrio a alta pressão é mais eficiente que a lâmpada mista, tendo como diferença a utilização do reator”, conta o engenheiro da GE. Por não utilizar reator, a lâmpada mista também foi bastante difundida, mas oferece menor vida mediana e eficácia, continua o profissional. No início, a lâmpada a vapor de sódio não estava padronizada e havia diferença entre características elétricas dos reatores, analisa Rosito, que conta ainda que levou algum tempo a partir da criação da lâmpada de sódio até ela tornar-se uma opção viável economicamente para substituir outros tipos de lâmpadas e existir intercambiabilidade entre os fabricantes.

Depois deste período em que existiram muitas inovações, deu-se início a fase de aprimorar o processo, o momento de “maturação” da tecnologia, como define o funcionário da GE, esse avanço se deu em termos de lumens por watt. “As lâmpadas a vapor metálico e suas diversas variações e tecnologias de construção também foram uma evolução das lâmpadas de descarga”, diz. Hoje, existem lâmpadas a vapor metálico com tubo cerâmico que garantem melhor estabilidade da temperatura de cor, eficácia e reprodução de cores. “Houve também uma grande evolução na eficiência das luminárias públicas e melhoria na distribuição luminosa”, detalha Rosito.

Incandescente, halógena, fluorescente linear, lâmpada mista, lâmpada a vapor de mercúrio, lâmpada a vapor de sódio de alta pressão foram algumas das tecnologias mais utilizadas em iluminação pública. O processo pode parecer muito demorado, mas existe uma certa demora entre o desenvolvimento da tecnologia e sua aplicação prática em campo. “Além disso, há um tempo de evolução e melhoria da tecnologia”, define o engenheiro da GE.

Por muito tempo, mesmo sem os estudos necessários de luminotécnica para criar o sistema de iluminação pública eficaz, equalizando a conta entre custo e benefício, segundo Rosito, comparados aos nossos padrões atuais, certamente não era um sistema eficiente. “Vale ressaltar que a necessidade de iluminação naquela época era outra, assim como os níveis de

luz para iluminação pública conhecidos hoje não eram experimentados naquele período“, diz o engenheiro.

Quem faz coro com ele é Marcos de Oliveira Santos, gerente da Osram para a linha de Led Profissional: “as lâmpadas a vapor de mercúrio ou vapor de sódio, até então, supriram bem as necessidades na iluminação pública por fornecerem uma grande quantidade de luz. Entretanto, hoje, já podemos contar com a tecnologia dos Leds, que consegue fornecer ainda mais luz com um gasto energético muito menor”.

Os charmosos postes da Light deixaram a cidade com um ar de imponência, a partir de 1927. Alguns postes antigos, que ainda serviam à iluminação a gás, foram adaptados e muitos outros tiveram de ser confeccionados nas oficinas da empresa para cobrir a cidade. Hoje chamados de “São Paulo Antiga”, foram fabricados de forma artesanal com ferro fundido, recebiam brasões pintados de dourado que remetiam à República brasileira, armas ou mesmo flores estilizadas em ferro.

Neste período, deu-se o desenvolvimento das lâmpadas de descarga em atmosfera de gás, incluindo as lâmpadas utilizando vapor de mercúrio, a altas e baixas pressões, e as lâmpadas utilizando vapor de sódio, igualmente a altas e baixas pressões. Mas as primeiras aplicações seriam feitas na década de 1930, segundo o comitê de Distribuição (CODI), no relatório Substituição de Lâmpadas Incandescentes no Sistema de Iluminação Pública, de 1988.

“Sabemos por dados históricos que por volta de 1931 foram desenvolvidas as primeiras lâmpadas de descarga e, depois disso, a tecnologia incandescente. Nessa época, a lâmpada incandescente não tinha a mesma eficácia da de hoje, que ainda é considerada muito baixa”, detalha o engenheiro da GE, Luciano Rosito. Os níveis de iluminação dessas primeiras lâmpadas incandescentes não eram bons: “tinham níveis pouco melhores que os de uma vela.

Elas passaram por uma evolução ao longo do tempo em termos de características construtivas e de eficiência”, complementa.

Foi apenas na década de 1960 que as primeiras aplicações das lâmpadas a vapor de sódio a alta pressão e a multivapores metálicos ganhariam espaço crescente nas aplicações de iluminação pública, de acordo com informações do mesmo relatório do CODI.

A reestruturação no setor de energia elétrica nos anos 1960 influenciou profundamente a história da concessionária canadense no Brasil. A criação da Eletrobrás em 1962 refletiu a nova orientação governamental ligada ao incremento da produção de energia elétrica no país, marcando o início da intervenção estatal no setor”, escreveram as autoras do livro *Estudos sobre a Light*. A empresa encerrou suas atividades em solo paulista em 1970 – durante o período de ditadura, em que o governo simplesmente assumiu o controle da parte brasileira da empresa. Deu-se início ao período das estatais como Chesf, Uselp e Cesp.

Até 1996, grande parte dos sistemas de iluminação pública era mantida pelas concessionárias de distribuição. Com as privatizações e a falta de interesse das concessionárias em administrar esse serviço público, ele foi transferido para os municípios, que poderiam decidir administrar ou ceder a concessão.

O Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (DNAEE) foi o órgão regulador e fiscalizador dos serviços de energia elétrica até a criação da Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), pela Lei nº 9.427, de 26 de dezembro de 1996. A agência tem como missão proporcionar condições favoráveis para que o mercado de energia elétrica se desenvolva com equilíbrio entre os agentes e em benefício da sociedade.

De acordo com a Constituição, a iluminação pública é responsabilidade dos municípios, de forma direta ou sob regime de concessão ou permissão. As concessionárias têm a obrigação de fornecer a energia necessária ao abastecimento de tais sistemas, debitando o consumo às prefeituras, com base nas tarifas fixadas pela Aneel.

Através da história da iluminação pública é possível perceber que desde os primórdios das antigas lanternas a óleo até a eminência dos Leds, o desenvolvimento da humanidade se confunde com a evolução da iluminação.

iluminação pública tem papel fundamental na melhoria da qualidade de vida da população, na ocupação de espaços públicos com atividades lícitas à noite, na imagem da cidade, no incremento do comércio e no turismo. É impossível, hoje em dia, imaginar uma cidade de pequeno, médio ou grande porte sem iluminação pública. Aquelas cidades que ainda possuem iluminação inadequada ou ineficiente já têm a consciência dos benefícios que a melhoria do sistema de iluminação pode trazer (ROSITO, 2009).

Quando pensamos no futuro da iluminação pública, os Leds surgem como a revolução que impactará o modo como pensamos e experimentamos o uso da luz nos mais variados espaços e momentos do dia a dia. As pesquisas atuais nos levam a conceitos e protótipos surpreendentes. Soluções sustentáveis com Leds chegarão em um futuro próximo e transformarão de industrial para ecológica a personalidade de qualquer comunidade, harmonizando forças da natureza e trabalhando em parceria, e não contra o planeta. Na prática, em âmbito mundial, a transformação dos Leds já é real. Países como Holanda, China e EUA possuem instalações de soluções Leds para iluminação pública energeticamente eficientes e absolutamente inovadoras.

Com o LED, o mundo tecnológico afina seus instrumentos para uma nova sinfonia de luzes, variedade de cores, dimerização e redução de consumo. Por outro lado, em alguns países investem no conceito de “criminalização” da industrialização das lâmpadas incandescentes. Países europeus já fixaram datas para eliminar o comércio e industrialização dessas lâmpadas. Para compensar, os fabricantes de LEDS precisam adotar a utilização de placas eletrônicas, numa espécie de urbanização de componentes eletrônicos para “abastecer” os diodos emissores de luz (LED) com maior capacidade de potência lumínica e maior redução de consumo de energia elétrica (DERZE, 2007)

No caso do Brasil, já há soluções diferenciadas disponíveis no mercado. Os Leds já desempenham, atualmente, um papel importante na iluminação de interiores em aplicações profissionais, como hotéis e lojas, na iluminação externa em embelezamento urbano e crescerão muito ainda nesses segmentos. No futuro, desempenharão um papel relevante na iluminação pública – alguns projetos iniciais já estão demonstrando as primeiras possibilidades emergentes dessa fonte de luz.

As vantagens do sistema de iluminação com Leds são inúmeras. Eles são menores e mais versáteis. Têm maior rendimento em lúmen por watt consumido. Sua vida útil estimada é de 50 mil horas ou mais, com baixa depreciação do fluxo luminoso. Não contêm substâncias nocivas à saúde humana e à natureza (tais como mercúrio ou ácido fluorídrico). Sem calor e sem UV (Ultra Violeta) no raio luminoso, o Led não atrai insetos e não ataca objetos iluminados por sua irradiação, evitando o envelhecimento precoce, além do fato da baixa taxa de manutenção, entre outras.

Com base nisso, é preciso ter em mente que nossa realidade demanda etapas anteriores aos Leds para darmos início a uma mudança de atitude prática e efetiva. A primeira é a conscientização de que é preciso mudar agora e de que a responsabilidade é de todos os

setores da sociedade. Em seguida, considerar que, para uma grande mudança, é necessário dar o primeiro passo, ou seja, no nosso caso, iniciar um processo gradual de troca de tecnologias antigas para recursos mais recentes.

Isso proporcionará um impacto muito positivo, tanto no que diz respeito à economia de energia quanto no que se refere à maior qualidade da iluminação. E a terceira etapa é a partir do momento que iniciarmos essa transformação, na qual conquistaremos uma vantagem tripla: o consumidor final será beneficiado com custos mais baixos e melhor qualidade de luz; o meio ambiente será beneficiado com o uso racional de energia e emissões mais baixas de gases tóxicos, e a economia do País será beneficiada com custos mais baixos, maior competitividade e geração de “empregos verdes”.

### 8.3. ANEXO 4 – EXEMPLOS DE PROJETO DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA UTILIZANDO A TECNOLOGIA LED.

#### 8.3.1. Projeto – Ciclovia da av. Beira Mar Norte – Florianópolis /SC.

### Projeto 1 - Exemplo : Ciclovia da Av. Beira Mar Norte – Florianópolis/SC Substituição de 361 luminárias

Requisito NBR 5101: Iluminância > 10lux,  $U_o > 0,25$ , Pedestres P2

#### Antes

Convencional  
Vapor metálico 250W  
Pot. com as perdas =  
276W  
Eh médio < 22 lux  
Uniformidade = 0.35



#### Depois

LED  
GE CobraHead 127W  
Pot. com as perdas =  
127W  
Eh médio > 25 lux  
Uniformidade = 0,53



## Projeto 1 - Exemplo :

### Ciclovía da Av. Beira Mar Norte – Florianópolis/SC

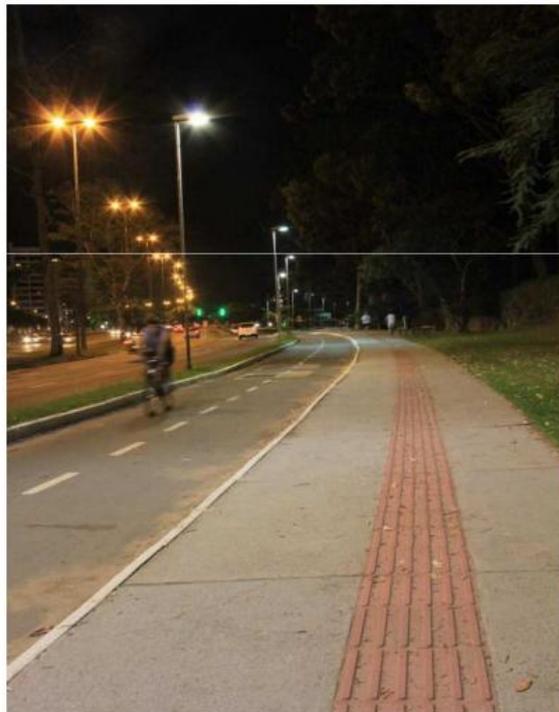
#### Substituição de 361 luminárias

Requisito NBR 5101: Iluminância > 10lux, Uo > 0,25, Pedestres P2

#### Resultados obtidos:

- Redução de 50% da potência instalada (de 99,28 kW para 49,39 kW);
- Aumento da uniformidade da iluminação nas vias;
- Melhoria estética das instalações, contribuindo para a imagem de modernidade da cidade;
- Redução da demanda de manutenção;
- Redução da poluição luminosa.

## Imagens Antes



## Imagens Depois



### 8.3.2. Projeto 2 – Pontes Colombo Salles e Pedro Ivo – Florianópolis/SC.

#### Projeto 2 - Exemplo : Pontes Colombo Salles e Pedro Ivo – Florianópolis/SC

Substituição de 210 luminárias

Requisito NBR 5101: Iluminância > 20lux,  $U_o > 0,30$

#### Antes

Convencional  
Vapor de Sódio 250W  
Pot. com as perdas =  
276W  
Eh médio < 46 lux  
Uniformidade = 0,35



#### Depois

LED  
GE ERS2 130W  
Pot. com as perdas =  
130W  
Eh médio > 52 lux  
Uniformidade = 0,53



## **Projeto 2 - Exemplo de conhecimento: Pontes Colombo Salles e Pedro Ivo – Florianópolis/SC**

Substituição de 210 luminárias

Requisito NBR 5101: Iluminância > 20lux,  $U_o > 0,30$ ,

### **Resultados obtidos:**

- Melhoria estética das instalações, contribuindo para a imagem de modernidade da cidade;
- Redução da demanda de manutenção;
- Redução de 52,7% da carga instalada (de 57,75kW para 27,30kW);
- Redução da poluição luminosa.

Imagens **Antes**

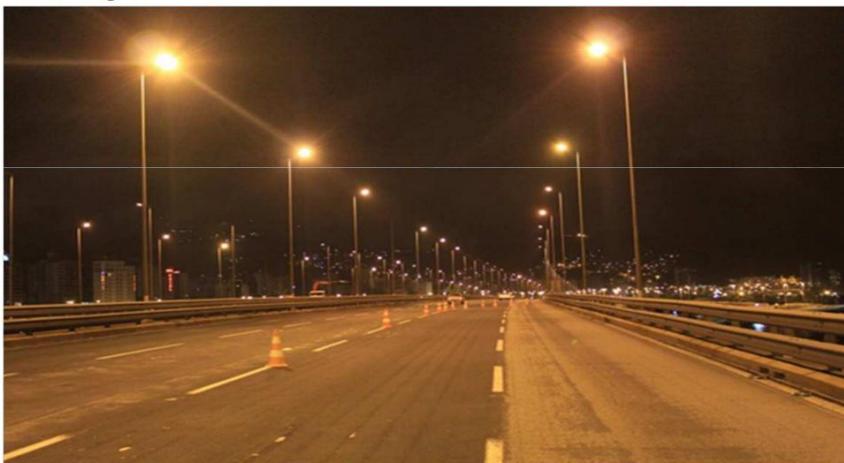
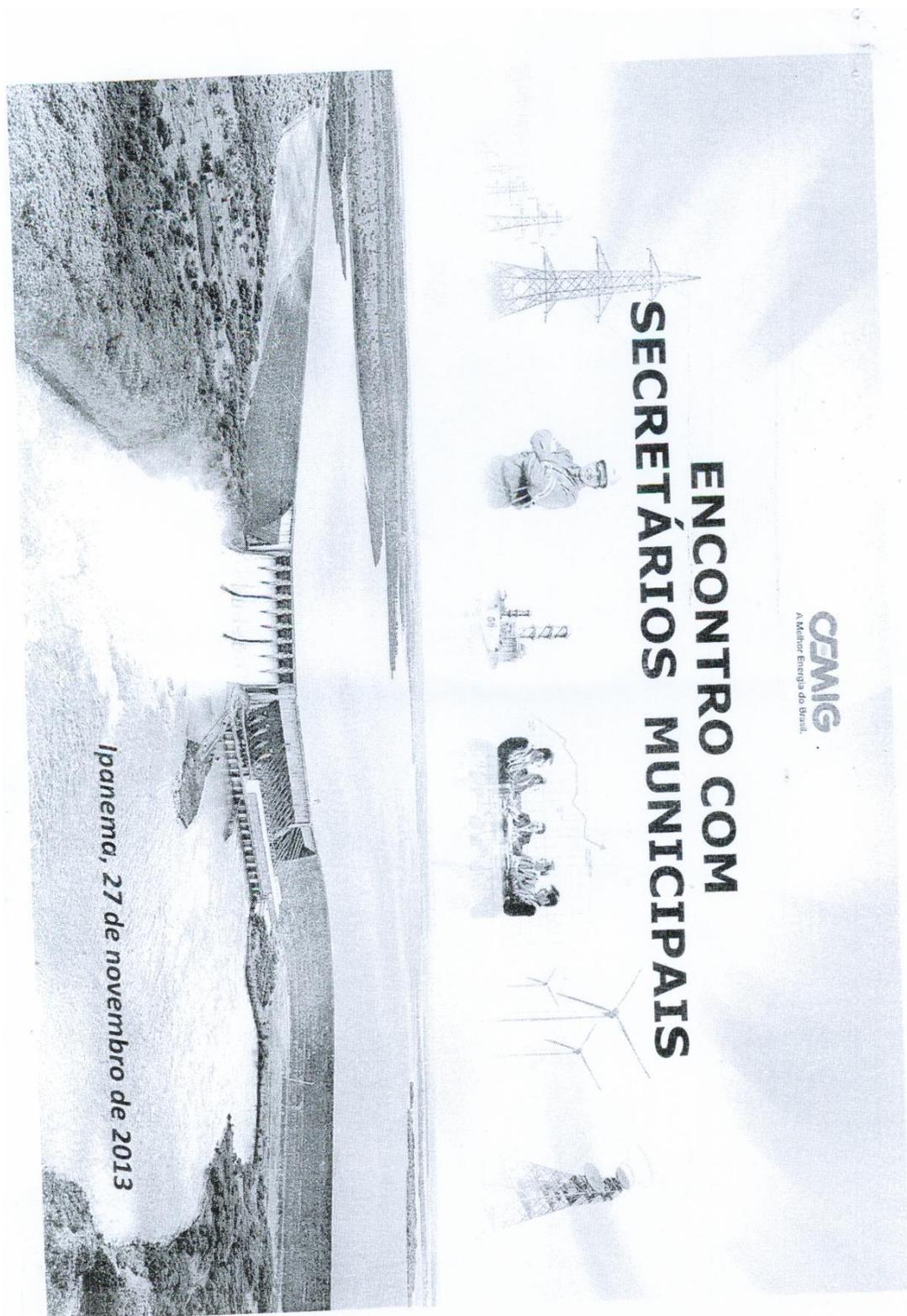


Imagem **Atual**



8.4. ANEXO 5 – DADOS DA ILUMINAÇÃO PÚBLICA DE IPANEMA/MG FORNECIDOS PELA CEMIG.





## ILUMINAÇÃO PÚBLICA

### Regulação

Constituição Federal Art. 30:

“Compete aos Municípios: .....

V - organizar e prestar, diretamente ou sob regime de concessão ou permissão, os serviços públicos de interesse local, incluído o de transporte coletivo, que tem caráter essencial;”

### **RESOLUÇÃO 414, PUBLICADA EM 15/09/2010**

**Art. 21** - Estabelece que *“a elaboração de projeto, a implantação, expansão, operação e manutenção das instalações de iluminação pública são de responsabilidade do ente municipal ou de quem tenha recebido deste a delegação para prestar tais serviços .”*

**Art. 218** – *Determina a transferência dos ativos de IP aos municípios até 31/01/2014 (revisado pela Res. Aneel 479/2012, de 03/04/2012).*



## Dados do Município

- Consumidores – 8.449
- Residenciais – 6.593
- Rurais - 960
- Industriais – 102
- Comerciais – 684
- Outros – 110
- IP's instaladas – 1.558 (601 VS e 957 VM)
- Média de arrecadação da CIP - R\$ 40.197,28
- Média da fatura de Iluminação Pública - R\$ 18.157,91
- Média da fatura total - R\$ 52.263,48



Fonte GDM

MUNICÍPIO	VAPOR DE MERCÚRIO				TT	VAPOR DE SÓDIO						TT	TT GERAL
	80 W	125 W	250 W	400 W		70 W	100 W	150 W	250 W	350 W	400 W		
IPANEMA	556	267	134	0	957	306	179	21	95	0	0	601	1.558
TOTAL	VAPOR DE MERCÚRIO				957	VAPOR DE SÓDIO						601	1.558
Valor Médio da Manutenção por Ponto Existente													R\$ 8,00
Custo com a Manutenção Mensal Estimado													R\$ 12.464,00

## TARIFA DE ENERGIA – CEMIG DISTRIBUIÇÃO

Tarifas praticadas pela Cemig Distribuição resolução ANEEL 1507 de dia 05/04/2013			
Classe	Consumo	Tarifa s/ impostos	Tarifa c/ impostos
Residencial		0,347	0,522512
Residencial baixa Renda	Até 30 kwh	0,11882	0,178919
	30 a 100 Kwh	0,2037	0,306731
	101 a 220 Kwh	0,30555	0,460096
	Acima 220 Kwh	0,33951	0,511233
Rural		0,21214	0,270552
Comercial		0,33845	0,431641
Industrial		0,33845	0,431641
Poder Público		0,33845	0,431641
Iluminação pública - B4a		0,17405	0,221974
Iluminação pública - B4b		0,1914	0,244102

ATUAL		
NÚMERO DA FATURA	DESCRIÇÃO	VALOR
51684132	Prédios públicos	R\$ 26.720,40
89324644	Secretária de Educação	R\$ 1.275,91
89324719	Secretária de Saúde	R\$ 2.239,88
<b>TT</b>	<b>Total Faturas Menos Iluminação Pública</b>	<b>R\$ 30.236,19</b>
8021032621	Fatura de Iluminação Pública	R\$ 24.429,29
	<b>Total Geral de Faturas</b>	<b>R\$ 54.665,48</b>
	Arrecadação Mensal Atual Estimada	R\$ 48.454,35
	<b>Superavit/Deficit - Fatura Geral</b>	<b>-R\$ 6.211,13</b>
	<b>Superavit/Deficit - Fatura Iluminação Pública</b>	<b>R\$ 24.025,06</b>

TARIFA	FAIXA CONSUMO EM KWH	Nº CONSUMIDORES	%	VALOR CIP	ARRECAÇÃO
R\$ 227,94	0 A 30	1.137	0	R\$ 0,00	R\$ 0,00
R\$ 227,94	31 A 50	684	1	R\$ 2,28	R\$ 1.559,11
R\$ 227,94	51 A 100	2.636	2	R\$ 4,56	R\$ 12.017,00
R\$ 227,94	101 A 200	2.271	4,5	R\$ 10,26	R\$ 23.294,33
R\$ 227,94	201 A 300	431	7	R\$ 15,96	R\$ 6.876,95
R\$ 227,94	301 A 99.999	295	7	R\$ 15,96	R\$ 4.706,96
<b>TT</b>	<b>TOTAL</b>	<b>7.454</b>		<b>TT</b>	<b>R\$ 48.454,35</b>

## 8.5. ANEXO 6 – CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DAS LÂMPADAS DO SISTEMA ATUAL E DAS LUMINÁRIAS LED PROPOSTAS

<b>Lâmpadas HID</b>											
Código Comercial	Corrente (A)	Potência (W)	Tensão (V)	Base	Fluxo luminoso (lm)	Eficiência luminosa (lm/W)*	Temperatura de cor (K)	Índice de reprodução de cor (IRC)	Vida mediana (horas)	Dimensões em mm Ø Altura	Reator N°
<b>Lâmpada de Descarga de Alta Intensidade CosmoPolis CPO-T</b>											
C POT 60/728	0.652	60	92	PGZ12	6.900	115	2.800	66	32.000	20,0 132,0	228, 230, 231, 232
C POT 140/728	1.490	140	94	PGZ12	16.500	118	2.800	66	32.000	20,0 147,0	229, 233, 234, 235
<b>Lâmpada de Vapor Metálico ArtColour MH-T</b>											
MH-T400W/VERMEL 6	380	120	E40	18.000	47	–	–	5.000	47,0 283,0	204, 205	
MH-T400W/AZUL 6	380	120	E40	10.000	26	–	–	5.000	47,0 283,0		
MH-T400W/VERDE 6	380	120	E40	29.000	76	–	–	5.000	47,0 283,0		
MH-T400W/VIOLET 6	380	120	E40	10.000	26	–	–	5.000	47,0 283,0		
<b>Lâmpada de Vapor de Sódio - SON</b>											
SON70W-N	0,98	70	105	E27	5.600	80	1.950	25	24.000	71,0 156,0	153, 154, 155, 174, 179, 184
SON100W-N	1,2	100	105	E40	9.000	90	1.950	25	24.000	76,0 186,0	156, 157, 175, 180, 185
SON150W-N	1,8	147	105	E40	14.500	99	1.950	25	24.000	91,0 226,0	158, 159, 160, 176, 181, 186
SON250W-N	3	250	105	E40	27.000	108	1.950	25	24.000	91,0 226,0	161, 162, 163, 170, 177, 182
SON400W-N	4,5	400	105	E40	48.000	120	1.950	25	24.000	122,0 290,0	164, 165, 166, 171, 178, 183
<b>Lâmpada de Vapor de Sódio - SON-H</b>											
SONH220W	2,2	220	120	E40	20.000	91	2.000	25	20.000	91,0 226,0	–
SONH350W	2,6	350	117	E40	34.000	97	2.000	25	20.000	122,0 290,0	–
<b>Lâmpada de Vapor de Sódio - SON-T</b>											
SONT70W-N	0,98	70	105	E27	6.000	84	1.900	20	24.000	32,0 152,0	153, 154, 155, 174, 179, 184
SONT100W-N	1,20	100	100	E40	9.500	95	1.950	25	24.000	47,0 211,0	156, 157, 175, 180, 185
SONT150W-N	1,80	150	100	E40	15.000	100	1.950	25	24.000	47,0 211,0	158, 159, 160, 176, 181, 186
SONT250W-N	3,00	250	100	E40	28.000	112	1.950	25	24.000	47,0 257,0	161, 162, 163, 170, 177, 182
SONT400W-N	4,60	400	100	E40	48.000	122	1.950	25	24.000	47,0 283,0	164, 165, 166, 171, 178, 183
SONT1000W	10,60	1.000	105	E40	130.000	130	1.950	25	18.000	67,0 390,0	168, 169
<b>Lâmpada de Vapor de Sódio - MASTER SON (T) Plus PIA</b>											
SON100W-PLUS	1,20	100	100	E40	10.200	102	2.000	23	32.000	76,0 186,0	156, 157, 175, 180, 185
SON150W-PLUS	1,80	150	150	E40	17.000	113	2.000	23	32.000	91,0 226,0	158, 159, 160, 176, 181, 186
SON250W-PLUS	3,00	250	250	E40	31.100	124	2.000	23	32.000	91,0 226,0	161, 162, 163, 170, 177, 182
SON400W-PLUS	4,60	400	400	E40	55.500	139	2.000	23	32.000	122,0 290,0	164, 165, 166, 171, 178, 183
SONT70W-PLUS	1,00	70	90	E27	6.600	94	2.000	23	28.000	32,0 156,0	153, 154, 155, 174, 179, 184
SONT100W-PLUS	1,20	100	100	E40	10.700	107	2.000	23	32.000	47,0 211,0	156, 157, 175, 180, 185
SONT150W-PLUS	1,80	150	100	E40	17.500	117	2.000	23	32.000	47,0 211,0	158, 159, 160, 176, 181, 186
SONT250W-PLUS	3,00	250	100	E40	33.200	133	2.000	23	32.000	47,0 257,0	161, 162, 163, 170, 177, 182
SONT400W-PLUS	4,50	400	100	E40	56.500	141	2.000	23	32.000	47,0 283,0	164, 165, 166, 171, 178, 183
SONT PLUS 600W	5,80	600	115	E40	90.000	150	2.000	23	32.000	47,0 283,0	167

\* Sem perdas do reator; eficiência só da lâmpada.

## Lâmpadas HID

Código Comercial	Corrente (A)	Potência (W)	Tensão (V)	Base	Fluxo luminoso (lm)	Eficiência luminosa (lm/W)*	Temperatura de cor (K)	Índice de reprodução de cor (IRC)	Vida mediana (horas)	Dimensões em mm Ø Altura	Reator N°
<b>Lâmpada de Vapor de Mercúrio - HPL-N</b>											
HPLN80W-IMP	0,80	80	115	E27	3.700	46	4.300	48	16.000	71,0 155,0	144,145
HPLN125W-IMP	1,15	125	125	E27	6.200	50	4.100	46	16.000	76,0 174,0	146,147
HPLN250W-IMP	2,10	250	135	E40	12.700	51	4.100	40	16.000	91,0 228,0	148,149
HPLN400W-IMP	3,25	400	140	E40	22.000	55	3.900	40	16.000	121,5 290,0	150,151
<b>Lâmpada de Vapor Metálico - MASTER HPI Plus Ovóide com reator Metálico ou Mercúrio + Ignitor</b>											
HPI 250W-PLUS BU	2,20	256	128	E40	17.000	74	4.300	69	20.000	91,0 226,0	199,200
HPI 400W-PLUS BU	3,40	390	125	E40	31.000	90	4.300	69	20.000	122,0 290,0	204,205
<b>Lâmpada de Vapor Metálico - MASTER HPI Plus Ovóide com reator de Sódio</b>											
HPI 250W-PLUS BU	2,55	302	128	E40	22.000	84	3.800	69	20.000	91,0 226,0	201,202,203
HPI PLUS 400W BU	3,85	454	125	E40	38.000	94	3.800	69	20.000	122,0 290,0	206,207,208
<b>Lâmpada de Vapor Metálico - HPI-T Plus Tubular com reator Metálico ou Mercúrio + Ignitor</b>											
HPT 250W-PLUS	2,15	245	128	E40	19.000	78	4.500	65	20.000	47,0 257,0	199,200
HPT 400W-PLUS	3,40	390	125	E40	32.000	90	4.300	65	20.000	47,0 283,0	204,205
HPT 1000W	8,25	985	130	E40	85.000	86	4.300	65	20.000	66,0 382,0	209
HPT 2000W-H 380V	8,60	1930	240	E40	183.000	95	4.300	65	20.000	102,0 260,0	213,216
HPT 2000W-LJ 220V	16,50	1960	130	E40	189.000	96	4.600	65	20.000	102,0 290,0	212,214,215
<b>Lâmpada de Vapor Metálico - MASTER HPI-T Plus Tubular com reator de Sódio</b>											
HPT 250W-PLUS	2,50	295	128	E40	25.500	108	4.000	65	20.000	47,0 257,0	201,202,203
HPT 400W-PLUS	3,80	445	125	E40	40.000	89	4.000	65	20.000	47,0 283,0	206,207,208

BU = Operação na vertical (base para cima) Todos os demais modelos devem ser usados em luminárias fechadas.

S = Ignição própria, isto é, apresenta ignitor integrado, não necessitando de ignitor externo, sendo ideal para retrofit de lâmpadas de vapor de mercúrio.

### Lâmpada de Luz Mista - ML

ML160W-IMP	0,76	165	220-230V	E27	3.150	19	3.600	61	9.000	75,0 168,0	-
ML250WE27-IMP	1,20	260	220-230V	E27	5.500	21	3.400	63	9.000	90,0 211,0	-
ML250WE40-IMP	1,20	260	220-230V	E40	5.500	21	3.400	63	9.000	90,0 224,0	-

### Lâmpada de Vapor Metálico - MH

MH1500W-LJ	6,2	1.500	268	E39	155.000	103	3.700	60	3.000	177,8 391	211
------------	-----	-------	-----	-----	---------	-----	-------	----	-------	-----------	-----

\* Sem perdas do reator, eficiência só da lâmpada.

## Lâmpadas HID Compactas

Código Comercial	Corrente (A)	Potência (W)	Tensão (V)	Base	Fluxo luminoso (lm)	Eficiência luminosa (lm/W)*	Temperatura de cor (K)	Índice de reprodução de cor (IRC)	Vida mediana (horas)	Dimensões em mm Ø Comprimento	Reator N°
<b>Lâmpada de Vapor Metálico - MHN-TD Pro</b>											
MHN-TD70W/B42	1,0	75	90	RX7S	5.700	76	4.200	80	9.000	21,0 117,6	188,189,190,191,192,218
MHN-TD150W/B42	1,8	150	98	RX7S	12.900	86	4.200	85	9.000	24,0 135,4	194,195,196,197,198,225
MHN-TD70W/730	1,0	75	90	RX7S	6.200	83	3.000	75	9.000	21,0 117,6	188,189,190,191,192,218
MHN-TD150W/730	1,8	150	96	RX7S	13.800	92	3.000	75	9.000	24,0 135,4	194,195,196,197,198,225

\* Sem perdas do reator, eficiência só da lâmpada.

## LUMINÁRIA PÚBLICA LED MODULAR

CLU-M30

## Informações Gerais



Peso: 5kg



Medidas: 420 X 300 X 65 mm

## Informações Gerais

Informações Gerais	CLU-M30
Tensão de trabalho	90-305VAC
Tensão de Saída da fonte	30VDC
Corrente de Saída da fonte	1000 mA
Frequência de operação	50/60Hz
Consumo do sistema	32 W (±3%)
Fator de Potência (à plena carga)	>0.98@115VAC, >0.95@230VAC
Temperatura de Operação	-40-+70°C
Corrente máxima de partida a frio	60A em 375µs@230VAC
Tipo de proteção eletrônica	Curto-circuito, sobretensão, sobrecorrente, sobreaquecimento

## Características Fotométricas e ópticas

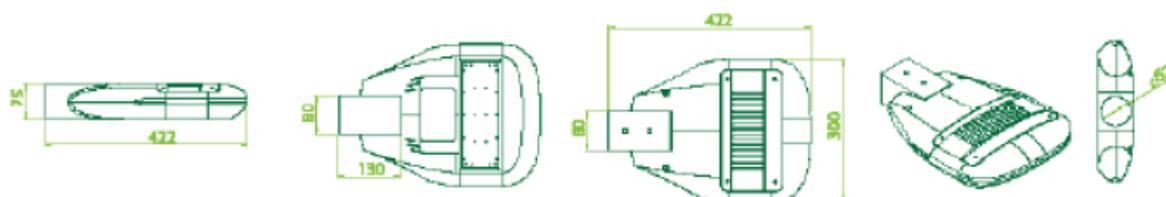
Características Fotométricas e ópticas	CLU-M30
Tipo de fonte de luz	18 LEDs
Fluxo Luminoso do LED	3 642 lm @ Tj = 25°C (±10%)
Eficiência do LED	130 lm/W @ Tj = 25°C (±10%)
Índice de reprodução de cores	>70
Temperatura de cor padrão	5 000K(± 275K)
Ângulo de abertura do fecho	54° X 148°
Fator de depreciação luminosa	até 10% para 60 000h @ 1,0A e Tj=85°C
Vida útil	60 000h
Eficiência da luminária	94 lm/W @ Tj = 25°C
Fluxo Luminoso da luminária	3 330 lm @ 65°C

## Características Construtivas

Características Construtivas	CLU-M30
Quantidade de módulos	1
Material do Corpo	Liga de alumínio injetado
Material do Módulo	Alumínio extrudado 6063
Material da Lente	PPMA
Instalação	Encaixe para poste ou braço de 48,3mm à 60,3mm

## Equivalência

Equivalência	CLU-M30
Comparativo LED X Convencional*	70W



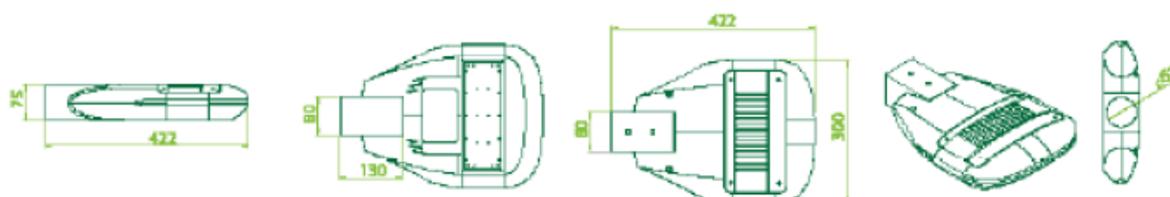
## LUMINÁRIA PÚBLICA LED MODULAR

CLU-M60

## Informações Gerais

	<b>Peso:</b> 5kg		<b>Medidas:</b> 430 X 300 X 65 mm
---	------------------	--	-----------------------------------

Informações Gerais	CLU-M60
Tensão de trabalho	90–305VAC
Tensão de Saída da fonte	30VCC
Corrente de Saída da fonte	2000 mA
Frequência de operação	50/60Hz
Consumo do sistema	63 W (±3%)
Fator de Potência (à plena carga)	>0.98@115VAC, >0.95@230VAC
Temperatura de Operação	-40–+70°C
Corrente máxima de partida a frio	60A em 375µs@230VAC
Tipo de proteção eletrônica	Curto-circuito, sobretensão, sobrecorrente, sobreaquecimento
Características Fotométricas e ópticas	CLU-M60
Tipo de fonte de luz	36 LEDs
Fluxo Luminoso do LED	7 284 lm @ Tj = 25°C (±10%)
Eficiência do LED	130 lm/W @ Tj = 25°C (±10%)
Índice de reprodução de cores	>70
Temperatura de cor padrão	5 000K(± 275K)
Ângulo de abertura do fecho	54° X 148°
Fator de depreciação luminosa	até 10% para 60 000h @ 1,0A e Tj=85°C
Vida útil	60 000h
Eficiência da luminária	95 lm/W @ Tj = 65°C
Fluxo Luminoso da luminária	6 060 lm @ 65°C
Características Construtivas	CLU-M60
Quantidade de módulos	2
Material do Corpo	Liga de alumínio injetado
Material do Módulo	Alumínio extrudado 6063
Material da Lente	PPMA
Instalação	Encaixe para poste ou braço de 48,3mm à 60,3mm
Equivalência	CLU-M60
Comparativo LED X Convencional*	100/150W



## LUMINÁRIA PÚBLICA LED MODULAR

CLU-M90

## Informações Gerais



Peso: 6,5 kg



Medidas: 500 X 300 X 65 mm

## Informações Gerais

CLU-M90

Tensão de trabalho	90–305VAC
Tensão de Saída da fonte	30VCC
Corrente de Saída da fonte	2 800 mA
Frequência de operação	50/60Hz
Consumo do sistema	89W (±3%)
Fator de Potência (à plena carga)	>0.98@115VAC, >0.95@230VAC
Temperatura de Operação	-40--+70°C
Corrente máxima de partida a frio	60A em 375µs@230VAC
Tipo de proteção eletrônica	Curto-circuito, sobretensão, sobrecorrente, sobreaquecimento

## Características Fotométricas e ópticas

CLU-M90

Tipo de fonte de luz	36 LEDs
Fluxo Luminoso do LED	9 582lm @ Tj = 25°C (±10%)
Eficiência do LED	118lm/W @ Tj = 25°C (±10%)
Índice de reprodução de cores	>70
Temperatura de cor padrão	5 000K (± 275K)
Ângulo de abertura do fecho	54° X 148°
Fator de depreciação luminosa	até 10% para 60 000h @ 1,0A e Tj=85°C
Vida útil	60 000h
Eficiência da luminária	88lm/W @ Tj = 65°C
Fluxo Luminoso da luminária	8 742 lm @ Tj= 65°C

## Características Construtivas

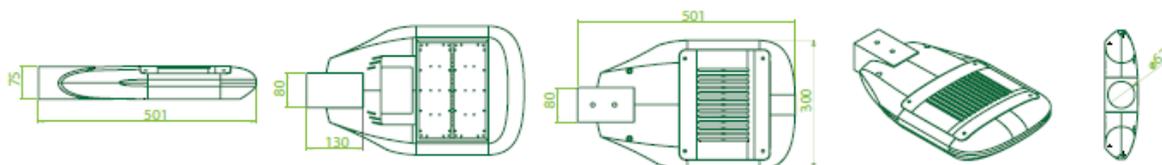
CLU-M90

Quantidade de módulos	2
Material do Corpo	Liga de alumínio injetado
Material do Módulo	Alumínio extrudado 6063
Material da Lente	PPMA
Instalação	Encaixe para poste ou braço de 48,3mm à 60,3mm

## Equivalência

CLU-M90

Comparativo LED X Convencional*	150/250W
---------------------------------	----------



## LUMINÁRIA PÚBLICA LED MODULAR

CLU-M120

## Informações Gerais



Peso: 6,5 kg



Medidas: 500 X 300 X 65 mm

## Informações Gerais

Informações Gerais	CLU-M120
Tensão de trabalho	90–305VAC
Tensão de Saída da fonte	30VCC
Corrente de Saída da fonte	3 900 mA
Frequência de operação	50/60Hz
Consumo do sistema	123W (±3%)
Fator de Potência (à plena carga)	>0.98@115VAC, >0.95@230VAC
Temperatura de Operação	-40–+70°C
Corrente máxima de partida a frio	60A em 375µs@230VAC
Tipo de proteção eletrônica	Curto-circuito, sobretensão, sobrecorrente, sobreaquecimento

## Características Fotométricas e ópticas

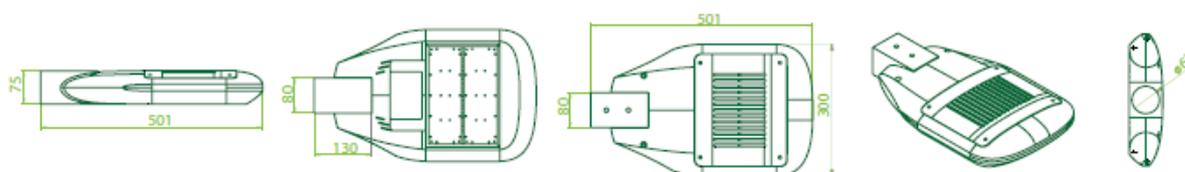
Características Fotométricas e ópticas	CLU-M120
Tipo de fonte de luz	54 LEDs
Fluxo Luminoso do LED	13 530lm @ Tj = 25°C (±10%)
Eficiência do LED	121 lm/W @ Tj = 25°C (±10%)
Índice de reprodução de cores	>70
Temperatura de cor padrão	5 000K (± 275K)
Ângulo de abertura do fecho	54° X 148°
Fator de depreciação luminosa	até 10% para 60 000h @ 1,0A e Tj=85°C
Vida útil	60 000h
Eficiência da luminária	91 lm/W @ Tj = 65°C
Fluxo Luminoso da luminária	11 256 lm @ Tj= 65°C

## Características Construtivas

Características Construtivas	CLU-M120
Quantidade de módulos	3
Material do Corpo	Liga de alumínio injetado
Material do Módulo	Alumínio extrudado 6063
Material da Lente	PPMA
Instalação	Encaixe para poste ou braço de 48,3mm à 60,3mm

## Equivalência

Equivalência	CLU-M120
Comparativo LED X Convencional*	250W





CLIENTE: SAAE - Serviço Autônomo de Água e Esgoto  
TEL: (33)9127-6420

CONTATO: Kennedy Felipe  
E-MAIL: eng.kennedy13@hotmail.com

CÓDIGO	DESCRIÇÃO	QTD.	TP	VALOR BASE	IM %	VALOR DO IM
CLU- M30K30E51VA	Luminária Modular LED pública 32W, fabricada em alumínio injetado, grau de proteção IP67, composta por 18 LED Lighting Class Cree®. Fluxo luminoso do led 3.642 lm, temp. de cor 5.000k. Lente IES1, tendo de habacabo 90-305 ou 100-277 VAC, vida útil 60.000h. Suporte de fixação para postes ou braços diâmetro de 48,3 a 60,3 mm, com Sistema de ajuste de Inclinação de até 180 graus, possibilitando angulação na instalação. Medidas : 420 X 300 X 65mm. Peso: 5kg. Garantia total de 5 anos.					
0012				R\$ 461,81	12%	R\$ 79,42
CLU- M40K30E51VA	Luminária Modular LED pública 64W, fabricada em alumínio injetado, grau de proteção IP67, composta por 36 LED Lighting Class Cree®, Fluxo luminoso do led 7.284 lm, temp. de cor 5.000k. Lente IES1, tendo de habacabo 90-305 ou 100-277 VAC, vida útil 60.000h. Suporte de fixação para postes ou braços diâmetro de 48,3 a 60,3 mm, com Sistema de ajuste de Inclinação de até 180 graus, possibilitando angulação na instalação. Medidas : 430 X 300 X 65mm. Peso: 5kg. Garantia total de 5 anos.					
0012				R\$ 956,67	12%	R\$ 114,80
CLU- M10K30E51VA	Luminária Modular LED pública 90W, fabricada em alumínio injetado, grau de proteção IP67, composta por 36 LED Lighting Class Cree®, Fluxo luminoso do led 9.562 lm, temp. de cor 5.000k. Lente IES1, tendo de habacabo 90-305 ou 100-277 VAC, vida útil 60.000h. Suporte de fixação para postes ou braços diâmetro de 48,3 a 60,3 mm, com Sistema de ajuste de Inclinação de até 180 graus, possibilitando angulação na instalação. Medidas : 500 X 300 X 65mm. Peso: 6,5kg. Garantia total de 5 anos.					
0012				R\$ 970,16	12%	R\$ 116,42

CH05592 25112014-S-SAAE - Serviço Autônomo de Água e Esgoto

Conex Eletromecânica Indústria e Comércio Ltda.  
Rua Paratagônia, 70 • Taboão • São Bernardo - SP • CEP: 09666-070  
Tel.: (11) 2331-0303 • Fax: (11) 2331-0551 • E-mail: contato@conexled.com.br  
CNPJ: 54.601.612/0001-69 • IE: 635.439.004.119

## 8.6. ANEXO 7 –ORÇAMENTO DAS LUMINÁRIAS LED PARA O SISTEMA PROPOSTO



CUENTE SAAE - Serviço Autônomo de Água e Esgoto  
TEL: (33)9127-4420

CONTATO: Kennedy Filipe  
E-MAIL: eng.kennedy13@hotmail.com

CÓDIGO	DESCRIÇÃO	TP	VALOR BASE	IM %	VALOR DO PI
CUI- M120K50E151VA	Luminária Modular LED pública 123W, fabricada em alumínio injetado, grau de proteção IP67, composta por 54 LED Lighting Class CREE®, fluxo luminoso do led 13.530 lm, temp. de cor 5.000K, Lente E51, tensão de trabalho 90-305 ou 100-277 VAC, vida útil 60.000h, suporte de fixação para postes ou braços diâmetro de 48,3 a 60,3 mm, com sistema de ajuste de inclinação de até 180 graus, possibilitando angulação na instalação. Medidas : 500 X 300 X 65mm, Peso: 6,5kg. Garantia total de 5 anos.	0012	R\$ 1.147,29	12%	R\$ 137,67

VALIDADE DA PROPOSTA: 7 dias

FINALIDADE: CONSUMO - será acrescentado DIFAL no valor do produto, conforme alíquota do estado.

FRETE:

FOB/SP

COND. PAGAMENTO:

ZBDDI (após análise e aprovação de cadastro)

CONEXILED - Depto. Vendas

Conex Eletromecânica Indústria e Comércio Ltda.

Rua Paragônia, 70 • Taboão • São Bernardo - SP • CEP: 09666-070

Tel.: (11) 2331-0303 • Fax: (11) 2331-0551 • E-mail: contato@conexiled.com.br

CNPJ: 54.601.612/0001-69 • IE: 635.439.004.119

CX05592 25112014-S-SAAE - Serviço Autônomo de Água e Esgoto

## 8.7. ANEXO 8 - CÁLCULO DE CONSUMO DE ENERGIA COM O SISTEMA ATUAL E O SISTEMA PROPOSTO

- Sistema Atual

Qtde de Lâmpadas	Potência (W)	Potência total (W)
556	80W	44.480W
267	125W	33.375W
134	250W	33.500W
306	70W	21.420W
179	100W	17.900W
21	150W	3.150W
95	250W	23.750W
<b>Total</b>		<b>177.575 W</b>
Qtde de Reatores	Potência (W)	Potência total (W)
556	9,6W	5.337,60W
267	13,75W	3.671,25W
134	25W	3.350W
306	14W	4.284W
179	17W	3.043W
21	22W	462W
95	30W	2.850W
<b>Total</b>		<b>22.997,95W</b>
Qtde de Relés (80% do total de lâmpadas)	Potência (W)	Potência total (W)
1246	1,2W	1.495,2W
<b>Total</b>		<b>1.495,2 W</b>
<b>Potência Instalada do sistema</b>		<b>202.068,15 W ou 202,068 KW</b>

### Cálculo de consumo

$[(202.068,15 \text{ W}/1000) \times 12 \text{ horas} \times 365 \text{ dias}]/12 \text{ meses} = 73.754,87 \text{ KW/h mês}$

$73.754,87 \text{ KW/h mês} \times 0,22794 = 16.811,68 \text{ R\$}$

- **Sistema proposto (LED)**

Qtde de Luminárias	Potência (W)	Potência total (W)
556	32W	17.792
752	63W	47.376
155	89W	13.795
95	123W	11.685
<b>Total</b>		<b>90.648,00W</b>
Qtde de Relés (80% do total de lâmpadas)	Potência (W)	Potência total (W)
1246	1,2W	1.495,2W
<b>Total</b>		<b>1.495,2 W</b>
<b>Potência Instalada do sistema</b>		<b>92.143,20 W ou 92,143 KW</b>

### Cálculo de consumo

$[(92.143,20 \text{ W}/1000) \times 12 \text{ horas} \times 365 \text{ dias}]/12 \text{ meses} = 33.632,26 \text{ KW/h mês}$

33.632,26KW/h mês

403.587,21 KW/h ano

$33.632,26 \text{ KW/h mês} \times 0,22794 = \text{R\$}7.666,13$

$403.587,21 \text{ KW/h ano} \times 0,22794 = \text{R\$}91.993,66$