



FACULDADE CATÓLICA DO TOCANTINS  
ENGENHARIA ELÉTRICA

DOUGLAS FALCÃO BORGES  
GLEYSER MOREIRA GUIMARÃES

ANÁLISE DA VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DA IMPLANTAÇÃO DE  
LUMINÁRIAS COM TECNOLOGIA LED NA QUADRA 606 SUL EM PALMAS-TO

Palmas - TO  
2018.

DOUGLAS FALCÃO BORGES  
GLEYVER MOREIRA GUIMARÃES

ANÁLISE DA VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DA IMPLANTAÇÃO DE  
LUMINÁRIAS COM TECNOLOGIA LED NA QUADRA 606 SUL EM PALMAS-TO

Monografia apresentada na Disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II como requisito básico para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica pela Faculdade Católica do Tocantins.

Orientador: Prof.º MSc. Luiz Claudio Ferreira Lima.

Palmas - TO  
2018.

## **RESUMO**

Este trabalho tem como objetivo analisar a viabilidade técnica e econômica a troca das lâmpadas de vapor metálico para luminárias com tecnologia led, na quadra 606 Sul da cidade de Palmas-TO, de forma que coloque em pauta os pontos mais importantes, todos os fatores que ponham em estudo para que possam ser obtidas informações que possam ser aplicadas para trazer maior custo benefício e ao mesmo tempo maior eficiência energética. Para a coleta dos dados para análise foram e ainda serão feitas visitas na quadra à fim de levantar as informações sobre o que compõe a instalação de iluminação da região, bem como os nomes e números dos modelos de série, para conseguirmos mostrar as vantagens que a implantação da tecnologia led pode trazer.

Palavras-chave: LED. Street lighting. Palmas

## **ABSTRACT**

*The objective of this work is to analyze the technical and economic feasibility of changing metallic vapor lamps to luminaires with led technology, in block 606 South of the city of Palmas-TO, in order to put into question the most important points, all factors that put into study so that information can be obtained that can be applied to bring more cost benefit and at the same time greater energy efficiency. In order to collect the data for analysis, visits were also made on the court in order to gather information about the region's lighting installation, as well as the names and numbers of the series models, in order to show the advantages that the LED technology deployment can bring.*

*Keywords: LED. Street lighting. Palmas*

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Luminária LED BBE LU-6 e fonte de alimentação.

Figura 2 – Montagem Luminária Beta

Figura 3 – Luminária Trópico

Figura 4 – Exemplos de LED e sua evolução ao longo dos anos

Figura 5 – Avenida LO 19 em Palmas-TO iluminada pelas luminárias BBE LU6

Figura 6 – Mapa de IP da quadra 606 Sul

Figura 7 – Fluxo de benefícios (R\$)

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
IP	Iluminação Pública
LED	Diodo Emissor de Luz
LO	Leste Oeste
MW	MegaWatts
Reluz	Programa Nacional de Iluminação Pública e Sinalização Semafórica Eficiente
UV	Ultravioleta
V	Volts
W	Watts

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	7
2 OBJETIVO .....	9
3 JUSTIFICATIVA .....	10
4 METODOLOGIA .....	11
5 REFERENCIAL TEÓRICO.....	12
6 RESULTADOS ESPERADOS.....	20
7 RESULTADOS OBTIDOS.....	21
8 CONCLUSÃO .....	26
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	28

## 1 INTRODUÇÃO

A iluminação pública é algo fundamental para a sociedade, pois leva às cidades e demais locais o desenvolvimento e a qualidade de vida de seus moradores no horário noturno, trazendo a iluminância para todos, o que possibilita como colaborar com o policiamento e aumentar a segurança de ruas, algo primordial para a população, enfatizando a necessidade do cuidado com patrimônio urbano. Uma cidade bem iluminada se torna mais bela e ganha uma visibilidade interessante em relação as demais, tendo em vista que há categorias com premiação para as cidades mais iluminadas no país, além é claro de incentivar diversas atividades no período noturno.

O conceito principal de uma iluminação útil e eficaz está diretamente relacionado à necessidade de uma iluminação adequada para cada local de acordo com sua peculiaridade, a fim de possibilitar a locomoção e demais necessidades das pessoas no período noturno. Para que isso seja possível e que funcione com qualidade, é necessário que haja uma boa estrutura física, e que concilie junto com sua eficácia o custo benefício, sendo de responsabilidade do gestor em trabalhar de forma que consiga implantar de forma eficiente um projeto de iluminação pública.

Uma das grandes preocupações do setor energético mundial é a grande demanda do uso de energia para o cenário de iluminação atual, devido ao alto consumo, especialmente das lâmpadas a vapor, sendo as mais utilizadas para iluminação das ruas e avenidas das cidades nos dias de hoje. Com uma possível redução de consumo neste aspecto da energia, tanto regional, como nacional e mundial, seria possível um melhor equilíbrio para as concessionárias e sistemas de energia, levando em conta o aumento do consumo de energia que é crescente e acompanha o crescimento populacional (ACORONI, 2013). Há algumas soluções viáveis para que seja possível trazer a economia de energia nos sistemas de iluminação, como a dimerização das lâmpadas, e também a implantação do sistema por luminárias LED.

O uso da Tecnologia LED está cada vez mais comum no nosso dia a dia, tanto na parte residencial como em comércios e indústrias, quanto na parte de iluminação pública. Esse crescimento vem sido visível ao longo dos anos e, por ser uma tecnologia que está em constantes avanços, tende a se tornar cada vez mais parte do cenário de iluminação mundial.

De acordo com o artigo 30 inciso V da Constituição Federal Brasileira, cabe às prefeituras a prática de serviços em prol do benefício de seus habitantes, como a iluminação pública (JUSBRASIL, 2017). Na cidade de Palmas-TO, a Prefeitura de Palmas é responsável pela implantação e manutenção da iluminação pública de praticamente toda a cidade, através de sua Secretaria de Infraestrutura e Serviços Públicos.

Palmas teve a visualização do projeto pela primeira vez em 2006, após a implantação de um projeto piloto na avenida LO- 09, compondo 44 luminárias LED, modelo BBE 206. A partir daí foi tomada a decisão de investir na tecnologia LED para a iluminação da cidade, tendo em vista que é possível ver cada vez mais avenidas e locais modernizados pelas luminárias, não só em nossa capital, como também em várias outras cidades do País.

Hoje é possível ver a tecnologia LED tomando conta cada vez mais do ambiente nacional, não se limitando somente a iluminação de cidades e residências, mas se expandindo também para os setores automobilísticos, de decoração e para diversos eletrônicos. As vantagens que esta ciência trouxe para o nosso dia a dia são fundamentais para os avanços da eficiência energética, e também para a melhoria da qualidade de vida da população.

No momento atual, na cidade de Palmas, todos os projetos que vem surgindo baseiam-se nos na direção de eficiência do parque de iluminação, levando em consideração que a tecnologia LED atualmente tem grande representatividade nesta questão. Todos os locais públicos e avenidas que passam por algum tipo de reforma recebem as alterações na iluminação para a tecnologia, e os que vem sendo criados também aderem aos projetos.

Como local para fins de estudo e análise do trabalho, escolhemos a quadra 606 Sul, localizada na região Sul de Palmas, uma dentre muitas outras quadras que ainda se encontra com o uso da tecnologia antiga na iluminação. Hoje em Palmas já é possível notar a presença de muitos locais em que a iluminação já utiliza da tecnologia LED, e é notável a diferença na qualidade de iluminação, uma vez que luminárias de LED trazem uma claridade muito maior, além é claro do consumo dos equipamentos ser inferior, pois são de potência menor.

Assim sendo, este trabalho propõe-se na exploração e análise da implantação de luminárias LED na quadra 606 Sul, de forma que possa simular a comparação

entre o custo benefício e a economia de energia, relatando e avaliando sua viabilidade.

## **2 OBJETIVO**

Realizar um estudo de caso sobre o sistema de iluminação da quadra 606 Sul, em Palmas-TO, de forma comparativa aos aspectos de qualidade, custos e eficiência dos circuitos e equipamentos atuais presentes na quadra.

### **2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

2.1.1 Fazer uma análise comparativa nos custos com a manutenção com a implantação da tecnologia LED na iluminação.

2.1.2 Reunir dados e informações sobre luminosidade, capacidade de economia e funcionamento da iluminação antes e depois da troca.

2.1.3 Relatar e analisar a viabilidade técnica e financeira da implantação da nova iluminação, a fim de trazer resultados formidáveis para reafirmar a inovação desta tecnologia.

### 3 JUSTIFICATIVA

Nos últimos anos, o governo federal tem tomado medidas para que promova o uso consciente de energia por parte da população, na espera de obter a racionalidade na utilização da mesma. Isso se deve à grande necessidade de conservar energia dentro do setor elétrico brasileiro, de forma que possa reduzir os recursos reservados a ampliação da geração, transmissão e distribuição.

Dessa forma, presenciamos uma era em que o tema de economia de energia se torna cada vez mais popular, visto que a demanda energética brasileira é crescente, ao mesmo tempo que a população ainda carece de mais planos estratégicos por parte do poder público, para que a conscientização seja maior à ponto de deixar todos a par da importância da eficiência energética.

O problema do uso irracional de energia é presente não só nas residências, mas também por parte de empresas e grandes indústrias, e é claro, a iluminação pública, que tem grande representatividade na demanda energética, compondo 20% do consumo da energia gerada mundialmente (KAWASAKI, 2014).

Desde 2002, o parque de IP compõe-se de lâmpadas vapor de sódio com âmbar, na cor amarelada, sendo parte do programa Reluz, tendo a administração feita pela Eletrobrás através do PROCEL (Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica) (SA, E. C. E. B., 2005). Com duração até o ano de 2010. Com o encerramento do programa, desde então os municípios tem buscado as alternativas de melhoria para a iluminação pública, aderindo às evoluções que surgiram no setor, que visam na eficiência energética (ELETROBRAS, 2017).

Entretanto, para que haja a implantação de tecnologias que favoreçam a eficiência energética, cabe aos profissionais da área e pesquisadores, guiar relatando quais as formas de investimento possíveis, por meio de levantamentos de dados e estudos, como este, que tem o intuito de demonstrar como as medidas podem ser tomadas e que atendem a procura.

No cenário atual, a luminária LED é uma das grandes especulações dentro do setor energético brasileiro, e seu uso segue em ritmo crescente, sendo visivelmente presente em diversos locais. Isso é possível graças às vantagens econômicas e visuais que a tecnologia oferece. Dessa forma, é necessário analisar sua eficiência e também a viabilidade econômica, buscando as informações e dados necessários.

## 4 METODOLOGIA

Para este trabalho pretende-se realizar uma análise da substituição das luminárias com lâmpadas a vapor, lâmpadas utilizadas atualmente, localizadas na quadra 606sul, por luminárias compostas de tecnologia LED. O projeto se pondera devido ao consumo e desperdício elevado de energia, pois as luminárias ficam acesas durante a noite mesmo com o parque fechado, por necessidade de segurança, além da manutenção periódica, pois causa inconfiabilidade do sistema e altos índices de reclamações.

O trabalho se embasa com pesquisas bibliográficas em publicações científicas, artigos, dissertações e teses, alusiva ao estudo em questão. Por meio de tais trabalhos, objetiva-se analisar a relevância de conceitos cruciais na inserção da tecnologia LED no mercado, considerando resultados e formas de execução de trabalhos pregressos com temas em eficiência energética, tecnologia sustentável, aplicação de luminárias LED em vias urbanas e conceitos luminotécnicos. Tais aspectos serão ressaltados com base nas resoluções da ANEEL (ANEEL, 2018) e nas normas vigentes do Procel e outros órgãos regulamentadores relacionados à área.

Após dar um contexto a evolução da iluminação e os avanços que o LED traz, será feito um estudo de caso na quadra 606 Sul em Palmas- TO, comparando os dados pertinentes aos custos presentes com a iluminação atual com os que a implantação das luminárias LED possibilita, relatando também sua gestão de manutenção e eficácia em funcionamento.

Por fim, a construção de uma análise da viabilidade técnica e econômica alusiva a então substituição das luminárias compostas por lâmpadas de vapor metálico de 400W e luminárias trópico com lâmpadas a vapor de sódio 400W, atuais, pelas luminárias LED modelo BBE LU6, ressaltando a importância do estudo ao poder público por meio de uma conclusão plausível (confiável).

## 5 REFERENCIAL TEÓRICO

### 5.1 Iluminação

Neste capítulo será dedicado a mostrar sobre o conceito histórico da iluminação e sua evolução ao longo do tempo, relatando e comparando os modelos que surgiram, suas características, e também outros conceitos importantes que abrangem a área da iluminação.

### 5.2 História da Luz

Desde as idades mais antigas, a humanidade veio conhecendo a luz através de diversas formas. O fogo foi a primeira fonte conhecida pelo homem, ainda na era Paleolítica posterior e na Neolítica, cerca de 5000 anos a.C. Os primeiros encontros do homem com o fogo vieram através da queda de raio nas árvores, o que fez com que o homem tentasse levar o fogo através de hastes de madeira para suas habitações (Salveti, 2008).

A concepção real da luz, sua natureza e explicação, evoluía de forma lenta, passando pelos estudos e noções desenvolvidos pelos gregos, até o segundo século d.C, e a partir daí estagnando em um longo período, até o século XVII, onde foram propostos novos e significativos estudos, onde foram criados os novos instrumentos ópticos (Bertolami, 2006).

Até o momento, o que contribuía para a iluminação se baseava em objetos que utilizavam do fogo como fonte, como velas e candelabros. A iluminação partindo da eletricidade teve seu surgimento a partir de 1853, e em 1879 foi criada a lâmpada elétrica (Santana, 2010).

Thomas Edison criou a lâmpada a partir do uso de um fio de algodão carbonizado, acoplado em um bulbo de vidro, vindo a durar 45 horas. Desde então o surgimento de novas ideias para a lâmpada vieram em grande escala, melhorando cada vez mais seus quesitos de duração e qualidade de iluminação.

Essa fase de evolução na iluminação se estende até os dias de hoje, passando pelas lâmpadas fluorescentes, luzes de halogênio, lâmpada de sódio e alta pressão, e o LED.

### 5.3 Iluminação Pública

A iluminação pública é crucial para a qualidade de vida da população nos centros urbanos, sendo um dos instrumentos de cidadania, que possibilita a todos utilizar dos espaços públicos no período noturno.

Esse conceito começou na Europa, partindo na Inglaterra, em 1417, onde foram instaladas lanternas em pontos da cidade, a mando da prefeitura. Dois séculos depois, em Paris, foram instaladas luzes nas janelas das casas em direção as ruas, no intuito de reduzir a criminalidade.

Já nos Estados Unidos, no ano de 1879, deu-se o primeiro registro de instalação de luminárias voltadas à iluminação pública na rede elétrica, um marco na história que revolucionou o conceito de iluminação.

### 5.4 Iluminação Pública No Brasil

No Brasil, inicialmente era composta de lampiões de combustíveis, como já instaladas em outros países, começando pelo Rio de Janeiro, no século XVIII. Esse início é marcado pela instalação dos lampiões de azeite nas ruas da cidade maravilhosa, em 1794, o que trouxe grande agitação na vida noturna, trazendo a abertura de locais voltados o vínculo social noturno, como bares e restaurantes.

A iluminação trouxe uma nova visão à cidade, visivelmente mais bonita e ao mesmo tempo mais segura e prática. Posteriormente os lampiões também foram instalados em São Paulo, no ano de 1830, trazendo os mesmos resultados que ocorram no Rio de Janeiro. Em 1840 a prefeitura de São Paulo contrata uma fábrica de gás iluminante, para poder intensificar a iluminação na cidade, pois no mesmo período foram identificados acidentes noturnos que aumentaram com o aumento da frota de veículos da cidade.

Já em 1879, após uma viagem de Dom Pedro II aos Estados Unidos, onde visitou uma exposição e se encantou com o potencial energético, autorizando a implantação das invenções de Thomas Edison no Brasil, foi inaugurada a iluminação elétrica da Estação de Corte da Estrada de Ferro Central do Brasil, vindo a ser um ato histórico para a iluminação pública Brasileira.

Com o início do funcionamento da primeira usina de energia elétrica, em 1887, em Porto Alegre, o sistema de iluminação pelas redes elétricas começou a se expandir por outras cidades, trazendo também a fabricação de materiais componentes da mesma dentro do País, como o poste.

Já no século XX, investidores estrangeiros perceberam o crescimento do uso da energia na iluminação das cidades e se sentiram motivados para investir no setor de distribuição, trazendo assim a fundação das primeiras companhias de geração e distribuição de energia elétrica, trazendo os municípios a contratarem de seus serviços, visto que já não conseguiam mais arcar com a responsabilidade da IP.

Com o passar dos anos e questões políticas que surgiram, as distribuidoras começaram a se tornar estatais, até que em 1996 algumas voltaram a ser privadas, o que fez com o que o serviço de iluminação pública fosse algo visto como oneroso, tendo em vista que com o crescimento das cidades e também a instalação de iluminação nas mesmas, que já era massivo, fizesse com que as concessionárias se dedicassem mais à distribuição. Isso fez com que a responsabilidade da iluminação pública voltasse a muitos municípios.

Em 2000, com o lançamento do programa Reluz, por parte do governo federal, houve uma modernização dentro dos parques de IP, onde as lâmpadas antigas foram substituídas por lâmpadas a vapor. Com a instalação dos novos modelos nos pontos de iluminação no Brasil, em 2010 já eram 2,5 milhões de pontos eficientes e foi possível economizar 680 MW de energia elétrica. Nos dias de hoje a responsabilidade da iluminação pública é inteiramente das prefeituras e municípios, sendo regulamentadas de acordo com a resolução nº 414 da ANEEL (ANEEL, 2010).

### 5.5 Iluminação Pública em Palmas-TO

Palmas é a capital mais jovem do Brasil, hoje com 29 anos, sendo uma referência nacional em planejamento e estrutura. Devido a essa juventude Palmas surgiu em uma era mais evoluída quando falamos sobre infraestrutura, onde todos os investimentos são novos, e requerem bastante atenção no intuito de evitar problemas futuros.

De acordo com o artigo 149 da Constituição Federal (BRASIL, 1988), a prefeitura pode estabelecer um encargo à população que arque com os custos dos serviços de iluminação pública junto à fatura de energia elétrica, que vem mensalmente às unidades consumidoras. Cada município cria a lei para o valor de distribuição de acordo com a faixa de consumo dos consumidores, devendo ser aprovada na câmara de vereadores e repassada à concessionária para a cobrança.

Hoje a iluminação de palmas conta com luminárias Beta com lâmpadas de Vapor Metálico 400W e luminárias Trópico com lâmpadas de vapor de sódio 400W, componentes que atualmente compõe a maior parte da iluminação pública da cidade. Apesar de grande parte da cidade ainda permanecer com as lâmpadas a vapor metálico e de sódio, em muitas avenidas já se encontra a iluminação feita por luminárias LED. Nas imagens abaixo podemos observar os modelos presentes na IP de Palmas.

**Figura 1 - Luminária LED BBE LU-6 e fonte de alimentação.**



Fonte: Elaborado pelo autor, 2010.

**Figura 2 - Montagem Luminária Beta**



Fonte: Trópico, 2018.

**Figura 3 - Luminária Trópico.**



Fonte: Trópico, 2018.

### 5.6 Quadra 606 Sul

A quadra 606 Sul é uma das quadras mais antigas da cidade, sendo situada na região sul de Palmas. Como as demais quadras, apresenta iluminação composta de luminárias do modelo de vapor metálico, o que vai em direção oposta aos novos padrões de eficiência energética, quesito que segue em pauta nos projetos futuros para a infraestrutura da capital.

A quadra conta com pouco mais de 200 pontos de iluminação, compostas essas de luminárias e circuitos já precários, que eventualmente vem a falhar

aleatoriamente, trazendo problemas como falta de iluminação momentânea em diferentes regiões da quadra, o que gera um desconforto para os moradores.

Com a implantação do novo modelo que vem sendo instalado nas vias de Palmas, seria possível visualizar a quadra 606 Sul de uma nova maneira, tendo em vista que a mesma seria visivelmente mais iluminada, possibilitando aos moradores maior claridade, segurança e praticidade em suas atividades noturnas, além é claro de inserir a quadra nos padrões modernos de eficiência energética.

## 5.7 LED

Nos últimos anos pudemos ver uma evolução bastante considerável nas tecnologias de iluminação. Dentre os agentes referência dessa evolução, o LED (Diodo Emissor de Luz) tem invadido cada vez mais o espaço energético, pela tecnologia totalmente eficiente energeticamente que ele carrega.

O LED (light emitting diode) foi criado no ano de 1963, pelo físico e inventor estadunidense Nick Holonyac. Inicialmente, o LED emitia apenas a luz vermelha, algo bem diferente da realidade atual. Essa tecnologia passou por vários anos sem ser notada pela população, sendo usada apenas em aparelhos como televisores e rádios, de forma que indicasse o estado do aparelho. Devido a sua eficiência e praticidade, acabou chamando a atenção de pesquisadores que, junto com empresas que ajudaram no desenvolvimento, tornaram possível seu uso e demonstraram seu potencial, trazendo a sua utilização algo mais comum (LABLUZ, 2017). A figura 4 ilustra essa evolução:

**Figura 4: Exemplos de LED e sua evolução ao longo dos anos.**



Fonte: Gois, 2008.

Com a evolução do LED, sua qualidade foi crescendo gradualmente, trazendo aumento significativo na sua eficiência, tornando-se um produto bastante difundido no mercado, ao unir a redução do consumo de energia com o custo benefício financeiro para os usuários.

O LED tem características elétricas que facilitam e viabilizam ainda mais o seu uso no meio de sistemas elétricos, pois possui um valor baixo de tensão, dentre 2,5 a 4V, além de trabalhar em corrente contínua, resultando também na sua baixa potência. Nele, o controle da intensidade luminosa é possibilitado ao equilíbrio da corrente elétrica.

O conjunto dos componentes da luminária LED se configura basicamente de: LED, Dissipadores de Calor, Fonte de Alimentação e Lentes. Todos podem variar de acordo com o tipo de iluminação necessário.

Apesar das vantagens que o LED apresenta, é necessário levar em conta algumas características importantes que podem influenciar diretamente em seu funcionamento, como o Diagrama Cromático, método que é geralmente usado para representar a coloração (Novicki, 2008).

Além disso, a temperatura de operação também influi bastante em sua operação, visto que com o aumento da temperatura, ocorre uma queda na resistência, trazendo um aumento na corrente elétrica (Bastos, 2011).

Esta característica da temperatura limita o LED neste aspecto, uma vez que devido a isso ele não possa ser ligado diretamente à rede, pois seus sinais de operação, como corrente e tensão, divergem dos mesmos oferecidos pelas concessionárias. Dessa forma, é necessário o uso de um circuito auxiliar que faça a adaptação desses sinais, circuito este conhecido como Driver (Bastos, 2011).

Apesar de essa e outras limitações de custo, o LED apresenta várias características vantajosas. Segundo Novicki, são elas:

- 1- Segurança: Os riscos de acidentes e fatalidades são menores, devido a trabalharem em baixa tensão, o que os torna seguros para instalar e utilizar.
- 2- Vida útil: Tem vida útil em torno de 50 mil horas, reduzindo os custos com manutenções.
- 3- Consumo: Tem um consumo de energia baixo, trazendo um elevado grau de eficiência além de atingir um fluxo luminoso considerável.

4- Emissões de UV: Devido a não emitirem radiação ultravioleta, evita a aproximação de insetos ao redor da luminária, evitando sua precarização.

5- Resistência: Apresentam resistência contra impactos e vibrações.

6- Poluição Luminosa: Devido à sua iluminação ser direcionada ao sentido ideal, minimiza este efeito, que é dado pela forma que a luz é projetada com o desperdício de luz artificial.

Segundo Novicki, há também desvantagens em relação a seu uso, são elas:

1- Temperatura: O LED pode se degradar de acordo com os anos que passam e com a temperatura a qual é submetido. Apesar do problema, o uso de aletas metálicas pode minimizar o risco.

2- Custo: Devido a ser uma tecnologia nova e moderna, ainda apresenta custos mais altos que as utilizadas atualmente, podendo tornar inviável o seu uso para a iluminação pública em certas ocasiões.

3- Sobretensão: A rede elétrica está sempre passiva a distúrbios em seus sistemas, e para que sejam protegidos, há a necessidade do investimento em dispositivos de segurança, no intuito de evitar danos nas luminárias.

Apesar dessas desvantagens, que se comparadas às vantagens são bem reduzidas, a tecnologia LED segue em avanços que trazem a expectativa de minimizar cada vez mais os contras da utilização de seus produtos. Vale ressaltar que sua forte difusão no mercado tende a reduzir cada vez mais os custos para instalação e manutenção, possibilitando cada vez mais a implantação da tecnologia na iluminação pública.

**Figura 5- Avenida LO 19 em Palmas - TO iluminada pelas luminárias BBE LU6.**



Fonte: Elaborado pelo autor.

## **6 RESULTADOS ESPERADOS**

Atualmente as prefeituras de vários municípios do Brasil vêm buscando fazer emprego de tecnologia de iluminação mais eficiente, a fim de reduzir as contas de energia, geralmente altas devido ao consumo das atuais lâmpadas, pensando em reduzir onde há possibilidade, pois o gasto de energia em outros setores como em edifícios públicos geralmente são necessários. Além da economia, as prefeituras visam melhorar a iluminação para melhor deslocamento da população em horário noturno.

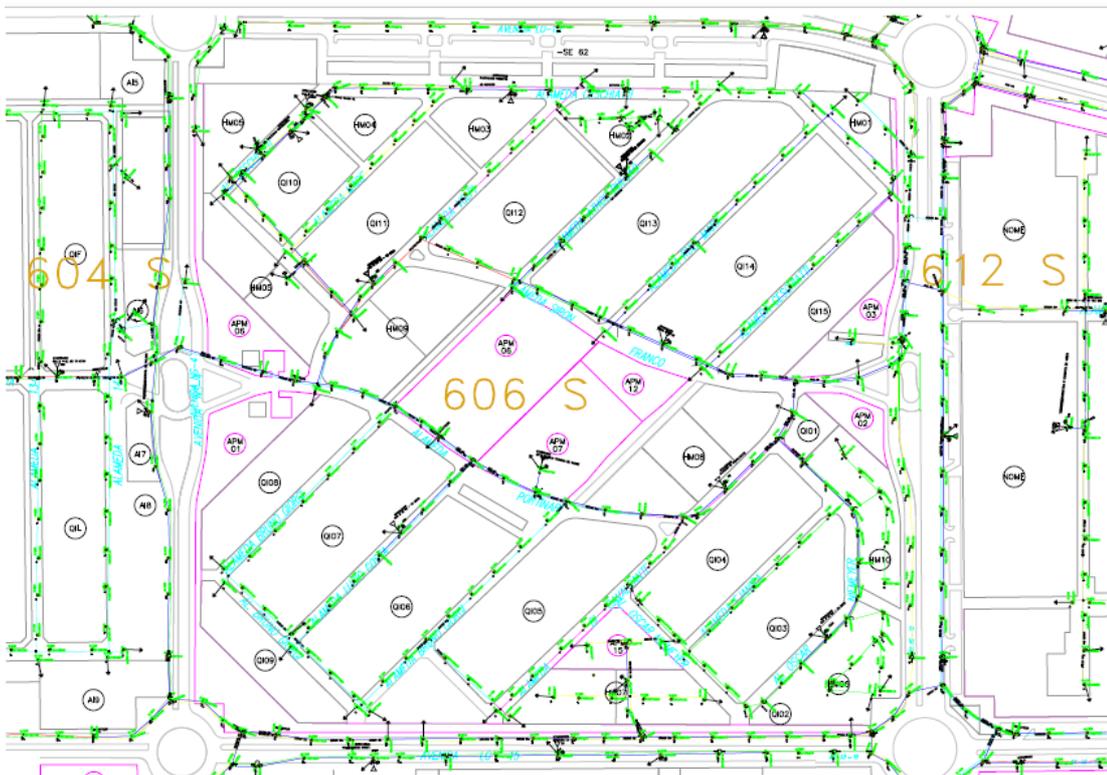
O resultado principal desse trabalho é realização de um estudo da substituição das luminárias com lâmpadas a vapor para luminárias de LED, na quadra 606 Sul em Palmas – TO, com a finalidade de se chegar à conclusão sobre a rentabilidade do investimento.

## 7 RESULTADOS OBTIDOS

Como comentado ao longo do trabalho, a luminária que segue a tecnologia LED conta com diversas vantagens, o que a torna superior aos outros presentes no mercado, em especial os modelos utilizados na IP de palmas.

Para concretização do estudo, iniciou-se fazendo um estudo do mapa da quadra 606 Sul disponibilizado pela Prefeitura de Palmas. A Fig. 6 mostra o mapa de IP da quadra 606 Sul.

**Figura 6 – Mapa de IP da quadra 606 Sul.**



Fonte: Elaborado pelo autor.

Durante o período de levantamento de dados, que veio de março de 2018 até a presente data, não foi possível apurar o consumo específico da IP da quadra 606 sul, pois a Prefeitura Municipal afirma que o faturamento de IP é um só para toda a cidade de Palmas. Dessa forma, foi calculado o consumo baseando-se na potência da lâmpada e nas horas de funcionamento.

Para os cálculos foram considerados 400 W por lâmpada de vapor metálico, as quais são utilizadas atualmente na IP da quadra estudada. O tempo de utilização diário da lâmpada considerado foi de 12 horas no período da noite, das 18h às 6h. Ainda como um parâmetro importante do cálculo de consumo foi contado todos os pontos de iluminação internos da quadra, ou seja, para não destoar das outras lâmpadas de avenidas vizinhas à quadra, entram como objeto desse estudo apenas a IP das alamedas da quadra. Para análise do consumo foi utilizada a Equação 1:

$$\text{Consumo (kWh)} = n^{\circ} \text{ de lâmpadas} \times \text{potência das lâmpadas} \times \text{horas de utilização}$$

Assim, ao contar os pontos de iluminação chegou-se ao número de 201 pontos de iluminação internos, ou seja, 201 lâmpadas consumindo durante 12 horas diárias com uma potência de 400 W. O resultado calculado do consumo atual de energia elétrica é de 964,8 kWh por dia. A Tabela 1 apresenta o consumo médio por período.

**Tabela 1 – Consumo da lâmpada de vapor metálico por período.**

Consumo (kWh)	Período		
	1 hora	Diário	Mensal
	80,4	964,8	28.944

Fonte: Elaborado pelo autor.

Para constatar os valores de consumo com a iluminação por lâmpadas de LED a fim de comparar com os valores atuais obtidos foram feitas simulações do consumo das lâmpadas LED da marca e modelo BBE LU6, cujas especificações constam na Tabela 2.

**Tabela 2 – Especificações da lâmpada LED BBE LU6.**

Especificações	LED BBE LU6
Modelo	LU6
Número de LEDs	168
Corrente	350 mA
Potência Total	210 W

Corrente Total (220V)	0.937
-----------------------	-------

Fonte: Bang-Bell Electronics Co. Ltd. Dados Elétricos da Luminária BBE LU6.

Utilizando esses dados de fábrica da luminária LED escolhida e utilizando ainda a Equação 1 para o consumo, chegou-se aos resultados da Tabela 3.

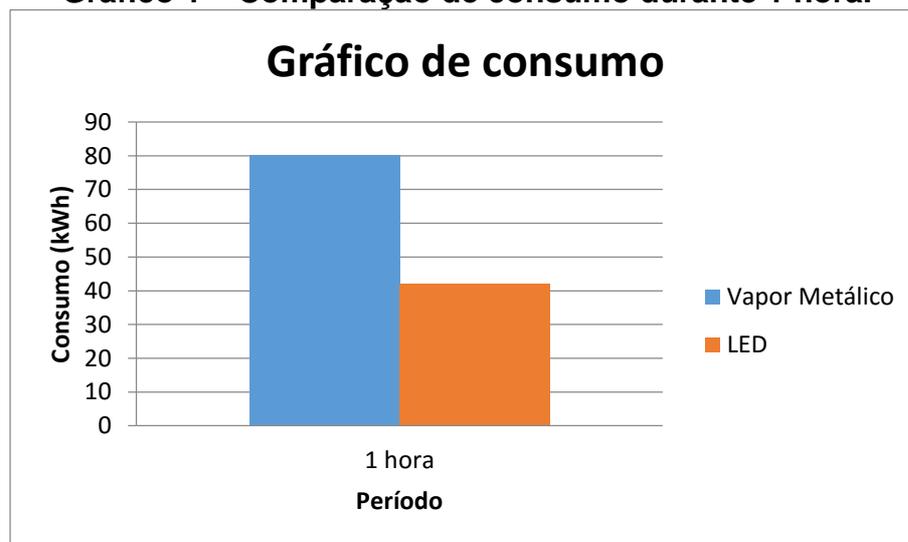
**Tabela 3 – Consumo da lâmpada LED BBE LU6 por período.**

Consumo (kWh)	Período		
	1 hora	Diário	Mensal
	42,21	506,52	15.195,6

Fonte: Elaborado pelo autor.

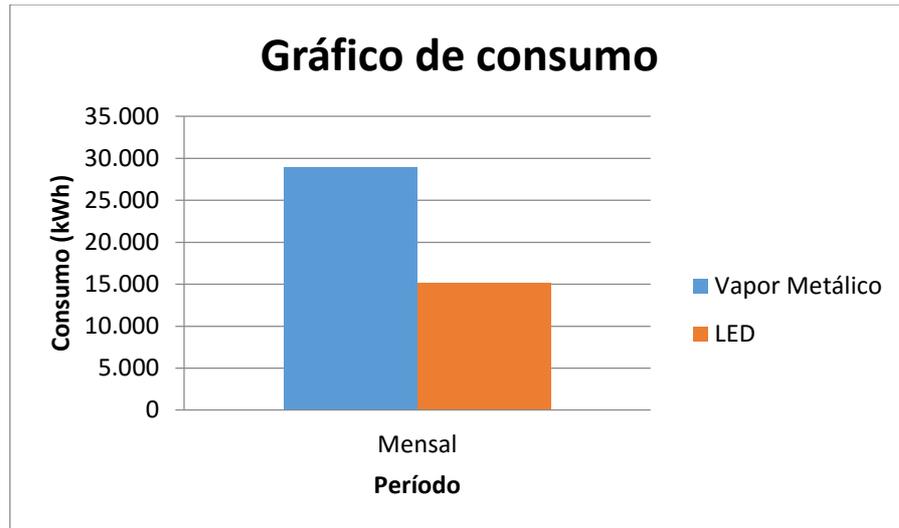
Para melhor compreensão dos resultados obtidos relacionados à economia de consumo, pode-se observar o gráfico de comparação entre os consumos das lâmpadas de vapor metálico e as lâmpadas LED escolhidas.

**Gráfico 1 – Comparação de consumo durante 1 hora.**



Fonte: Elaborado pelo autor.

**Gráfico 2 – Comparação de consumo durante 1 mês.**



Fonte: Elaborado pelo autor.

Assim, é possível perceber que relacionado ao consumo, a lâmpada de vapor metálico consome praticamente o dobro de kWh que a lâmpada de LED escolhida para este trabalho, concluindo-se que nesse ponto de vista o projeto é vantajoso.

Todavia, para que haja viabilidade no uso de luminárias LED dentro da quadra, ou de qualquer outra instalação, da mais simples às mais complexas, é necessário avaliar o retorno do investimento após sua implantação. Esse retorno vem pelos custos que foram gastos com a implantação, na expectativa de retornar com a economia de energia e conseqüentemente de gastos com a mesma ao longo do tempo.

Deve-se considerar que o retorno financeiro também depende de outras variáveis, como a taxa de juros que foi associada ao investimento inicial para a instalação, e também o alcance que a margem de lucro pode chegar. Outro aspecto a ser considerado é a quantidade de manutenções que as duas luminárias geralmente necessitam, sendo praticamente nula a da luminária de LED.

Para essa análise, foi considerado o valor unitário de R\$ 544,13 para o conjunto de Luminária Tradicional - Vapor metálico 400W (Luminária + Reator + Lâmpada), e o valor unitário de R\$2.190,00 para a Luminária LED LU-6 210W. Dessa forma, para instalações novas o investimento real é a diferença entre o valor que seria gasto com as lâmpadas tradicionais e do valor que seria pago nas lâmpadas de LED. A Tabela 4 mostra os valores de investimento e o acréscimo na escolha da lâmpada LED.

**Tabela 4 – Investimento inicial em por tipo de luminária.**

Luminária	Quantidade	Custo Unit (R\$)	Custo Total (R\$)
Luminária Tradicional - Vapor metálico 400W (Luminária + Reator + Lâmpada)	201	544,13	109.370,13
Luminária LED LU-6 210W	201	2.190,00	440.190,00
Diferença			330.819,87

Fonte: Elaborado pelo autor.

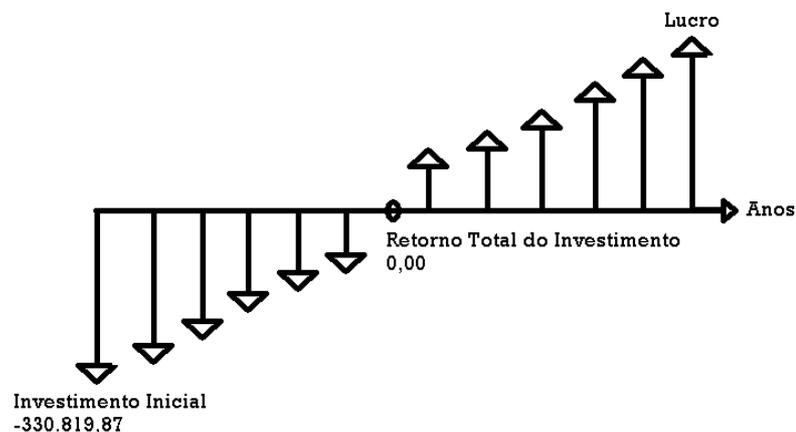
O fluxo de benefícios pode ser obtido com a economia de energia elétrica, que pode ser observado na Tabela 5. Para esse cálculo foi utilizado o valor da tarifa de IP como de R\$0,36/kWh, como consta no site do Grupo Energisa, concessionária responsável pelo sistema de distribuição de energia elétrica no Tocantins. Foi utilizada a tarifa do grupo B4B – Bulbo da Lâmpada.

**Tabela 5 – Economia de energia elétrica pelo tempo de vida útil.**

Luminária	Consumo E.E. (kWh/ano)	Custo E.E. (R\$/ano)	Custo E.E. 12 anos (R\$)
Luminária Tradicional - Vapor metálico 400W (Luminária + Reator + Lâmpada)	347.328	125.038,08	1.500.456,96
Luminária LED LU-6 210W	182.347,2	65.644,99	787.739,9
Economia		59.393,09	712.717,06

Fonte: Elaborado pelo autor.

A figura 7 mostra o retorno do investimento em 12 anos, tempo médio de vida útil da lâmpada de LED.

**Figura 7 – Fluxo de benefícios (R\$).**

Fonte: Elaborado pelo autor.

Portanto, podemos ver que com o valor da tarifa utilizado, é possível o retorno do investimento baseado na economia de energia em 6 anos. Em um cenário otimista, no qual não há aumento na tarifa de IP, o investimento já tem um retorno considerável. Em um cenário realista, no qual há ajuste anual da tarifa e geralmente para aumento da mesma, a viabilidade econômica se torna mais atrativo.

## **8 CONCLUSÃO**

Através do estudo da história da IP e do estado da mesma atualmente percebe-se que o quão importante é esse serviço público tão pouco questionado. Percebe-se também a importância da eficiência desse sistema na melhoria da qualidade de vida da população não apenas na segurança como também no destino final das lâmpadas e na poluição que ela causará. É de interesse da população que o sistema de IP consuma o mínimo de energia possível e requeira também o mínimo de manutenções, poupando a população de apagões e insegurança.

Neste trabalho foi apresentada a história da luz, da IP e o cenário no Brasil e na cidade de Palmas – TO, assim como na quadra estudada. Foram apresentadas também algumas definições e características específicas de parte dos equipamentos utilizados na infraestrutura de Palmas, essenciais para entendimento do trabalho.

No decorrer do desenvolvimento do trabalho pode-se observar que o sistema de IP de Palmas não é o mais eficiente e nem sustentável, levando em consideração o grande consumo de energia, a poluição luminosa e ambiental, além da grande quantidade de manutenção necessária.

Dessa forma, o trabalho apresentou um estudo de melhoria das condições da IP em Palmas, levando em consideração aspectos técnicos e econômicos. A partir dos resultados do estudo verificou-se que o consumo de energia elétrica das lâmpadas de vapor metálico utilizadas atualmente tem quase o dobro do consumo de energia elétrica de uma lâmpada LED, o que chama muita atenção do ponto de vista social.

Para conclusão do estudo foi feito também um estudo de viabilidade econômica, pois para que um projeto seja viável economicamente é necessário o retorno dos investimentos feitos inicialmente. O estudo confirmou que quando se

trata de uma tarifa de energia elétrica alta a troca de lâmpadas de vapor metálico por LED é extremamente vantajosa, pois tem retorno total em metade do tempo de vida útil dos equipamentos, mesmo em um cenário sem reajuste anual de tarifas.

A IP caminha para o uso exclusivo da tecnologia LED, o que é um fator ainda mais atrativo para os estudos relacionados a esta área da engenharia elétrica. Com o uso cada vez maior dessa tecnologia é provável que o valor de instalação desses sistemas fique mais barato com o tempo, fazendo com que haja mais facilidade na implementação de sistemas de IP mais eficientes e seguros, garantindo um serviço de qualidade para a população urbana.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEEL. Resolução Normativa nº 414 que trata sobre a **manutenção e transferência de ativos de iluminação pública das concessionárias para as prefeituras**. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2010414.pdf>>. Acesso em: 15 mai. 2017.

ACORONI, Júnio Célio, Arlete Vieira da Silva, Euzébio D. de Souza. **Eficiência Energética: Melhores Práticas Em Economia De Energia em Um Setor Industrial**. Publicado em Semana acadêmica na Revista Científica Ed. 000044 em 26 nov. 2013.

BASTOS, Felipe Carlos. **Análise da política de banimento de lâmpadas incandescentes do mercado brasileiro**. 2011. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro.

BERTOLAMI, Orfeu; FIOLEAIS, Carlos. **O livro das escolhas cósmicas (Prefácio)**. Gradiva, 2006.

ELETROBRAS. **Gestão e liderança**. Disponível em: <<http://eletrobras.com/pt/Paginas/Gestao-e-Governanca-Corporativa.aspx>>. Acesso em: 10 mai. 2017.

FEDERAL, Senado. Constituição da república federativa do Brasil. **Brasília: Senado**, 1988.

GOIS, A. (2008). LEDs na Iluminação Arquitetural. *Rio de Janeiro: Lighting Now*.

JUSBRASIL, **Art. 30, inciso V da Constituição Federal**. Disponível em <<https://www.jusbrasil.com.br/topicos/10637721/artigo-30-da-constituicao-federal-de-1988>>. Acesso em: 15 de out. 2017.

KAWASAKI, Juliana Iwashita. Estamos entrando em uma nova crise energética. **Revista O Setor Elétrico**, São Paulo, n. 97, Fevereiro de 2014.

LABLUZ, **Conheça o LED**. Laboratório da luz gerido pela Unicamp, Disponível em: <<https://www.iar.unicamp.br/lab/luz/dicasemail/led/dica36.htm>>. Acesso em: 15 abr. 2017.

NOVICKI, J. M., & Martinez, R. (2008). Leds para iluminação pública. *Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica)-Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR*.

SA, E. C. E. B. (2005). PROCEL–Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica. *Pesquisa de Posse de Equipamentos e Hábitos de Uso–Ano Base*.

SALVETTI, ALFREDO ROQUE. **A história da luz**. Editora Livraria da Física, 2008.

SANTANA, Rosa Maria Bomfim et al. Iluminação Pública: Uma Abordagem Gerencial. 2010.

TECNOWATT. **Projetos de Luminárias Tecnowatt**. Disponível em: <[www.tecnowatt.com.br/index.php/projetos/luminaria-beta/](http://www.tecnowatt.com.br/index.php/projetos/luminaria-beta/)>.

TRÓPICO. **Catálogo de Produtos 2011/2012**. Disponível em: <<http://www.tropico.com.br/?p=produtos/>>.