



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CAMPUS DE SOBRAL
CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

FRANCISCO EDGLEICE SIQUEIRA RODRIGUES

**ESTUDO DE CASO: ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DA
IMPLANTAÇÃO DE LUMINÁRIAS LEDs EM TRECHOS DO SISTEMA DE
ILUMINAÇÃO PÚBLICA DA CIDADE DE FORQUILHA - CE**

SOBRAL
2019

FRANCISCO EDGLEICE SIQUEIRA RODRIGUES

ESTUDO DE CASO: ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DA IMPLANTAÇÃO
DE LUMINÁRIAS LEDs EM TRECHOS DO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA DA
CIDADE DE FORQUILHA - CE

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à
coordenação do Curso de Engenharia Elétrica
Campus de Sobral como requisito parcial à
obtenção do grau de Bacharel em Engenharia
Elétrica.

Orientador: Prof. Dr. Eber de Castro Diniz.

SOBRAL

2019

Página reservada para ficha catalográfica.

Utilize a ferramenta *online* [Catalog!](#) para elaborar a ficha catalográfica de seu trabalho acadêmico, gerando-a em arquivo PDF, disponível para download e/ou impressão.

(<http://www.fichacatalografica.ufc.br/>)

FRANCISCO EDGLEICE SIQUEIRA RODRIGUES

ESTUDO DE CASO: ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DA IMPLANTAÇÃO
DE LUMINÁRIAS LEDs EM TRECHOS DO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA DA
CIDADE DE FORQUILHA - CE

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à
coordenação do Curso de Engenharia Elétrica
Campus de Sobral como requisito parcial à
obtenção do grau de Bacharel em Engenharia
Elétrica.

Aprovada em: ___/___/_____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Eber de Castro Diniz (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Esp. Lucivando Ribeiro de Araújo
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Eng. Eletricista Halleno Vasconcelos Prado
B&Q Energia

A Deus, pela a vida e o dom da sabedoria.

Aos meus pais, Francisco e Maria.

Meus irmãos e amigos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, a quem devo minha vida, por conceder-me saúde, prosperidade, proteção a mim e minha família, aos meus amigos pela força para prosseguir nas inúmeras vezes em que cogitei desistir.

Aos meus pais, Francisco das Chagas Rodrigues e Maria do Socorro de Siqueira Rodrigues, pela educação, dedicação e carinho proporcionado ao longo destes anos permitindo que conquistasse esse sonho. Agradeço a todos da minha família, pois estes foram a base de meu caráter. Esta conquista não é somente minha, é nossa.

Ao Professor Dr. Eber de Castro Diniz, pelo apoio, paciência, boa vontade, auxílio e conhecimento compartilhado.

Aos examinadores da banca, professor Esp. Lucivando Ribeiro de Araújo e ao Engenheiro e amigo Halleno Vasconcelos Prado, pelo apoio nas correções, críticas construtivas e sugestões.

A todos os amigos que fiz ao longo do curso de graduação especialmente, Fernando Lima, Halleno Vasconcelos, Jefferson Cavalcante, Juraci Gomes e Wallison Souza que em diversas formas ajudaram no desenvolvimento do meu trabalho. Não poderia deixar de agradecer o secretário do curso João Paulo pela atenção e paciência e ao Germano Araújo pelo companheirismo.

“Todos nesse mundo funcionam baseados no seu próprio fuso horário.” Autor desconhecido.

RESUMO

Este trabalho apresenta uma análise da viabilidade econômica para substituição de luminárias convencionais em algumas das principais vias públicas da cidade de Forquilha por luminárias com tecnologia LED. Diante da demanda cada vez maior por energia elétrica e de tecnologias mais eficientes na iluminação é importante avaliar a viabilidade da adoção de novas tecnologias na iluminação pública, procurando reduzir os gastos e diminuir a demanda do sistema. É apresentada uma metodologia capaz de realizar uma estimativa do consumo energético com levantamento em campo de dados de consumo do sistema de iluminação pública do município de Forquilha - Ce, em comparação com o consumo da proposta de eficiência, e a aceitação da nova tecnologia com o auxílio de ferramentas econômicas TIR e payback, estudar a viabilidade da implantação do projeto. Os resultados obtidos mostram que com a mudança das luminárias com lâmpadas convencionais por luminárias LED, a demanda de energia nos trechos analisado teve uma queda de 21,45 kW e uma redução no custo mensal com energia de 48,58%, ou seja, quase a metade da energia atualmente consumida passa a ser economizada. Levando em consideração o valor economizado, desconsiderando a mão-de-obra e gastos com manutenção das luminárias existentes, foram realizadas simulações de viabilidade econômica com as ferramentas TIR e payback e mostraram viabilidade econômica do projeto.

Palavras-chave: Eficiência energética. Iluminação pública. LED. Análise de investimento.

ABSTRACT

This work presents an analysis of the economical feasibility of replacing conventional luminaires in some of the main public thoroughfares in the city of Forquilha by LED luminaires. Faced with the increasing demand for electricity and more efficient lighting technologies, it is important to evaluate the feasibility of adopting new technologies in public lighting, seeking to reduce costs and reduce system demand. It is presented a methodology capable of estimating the energy consumption by surveying the consumption data of the public lighting system in the municipality of Forquilha - Ce, in comparison to the consumption of the efficiency proposal, and the acceptance of the new technology with the help of TIR and payback economic tools, study the feasibility of project implementation. The results show that with the change of luminaires with conventional lamps by LED luminaires, the energy demand in the analyzed segments had a drop of 21.45 kW and a reduction in the monthly cost with energy of 48.58%, that is, almost half of the energy currently consumed is saved. Taking into account the economical value, disregarding the labor and maintenance costs of the existing luminaires, economic viability simulations were performed with the TIR and payback tools and showed economic viability of the project.

Keywords: Energy efficiency. Street lighting. Led. Investment analysis.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	– Temperatura de cor	17
Figura 2	– Sistema de um circuito de iluminação básico.....	18
Figura 3	– Exemplo de relé fotoelétrico	19
Figura 4	– Reator externo.....	20
Figura 5	– Luminária pública	21
Figura 6	– Funcionamento interno de um LED	24
Figura 7	– Estrutura básica de um luminária LED	25
Figura 8	– Mapa do Estado do Ceará	27
Figura 9	– Demarcação dos trechos escolhidos para o levantamento	28
Figura 10	– Composição em porcentagens por tipo e potência	29
Figura 11	– Luminária Pública LED da linha Uma ConexLED	30
Figura 12	– Luminária do tipo aberta	30

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Descrição do sistema de iluminação pública nos trechos analisados	29
Tabela 2 – Dados técnicos e características da Luminária Pública LED CLU-M90	31
Tabela 3 – Dados técnicos e características da Luminária Pública LED CLU-M150	31
Tabela 4 – Dados técnicos e características da Luminária Pública LED CLU-M250	32
Tabela 5 – Demanda de potência ativa do sistema atual	32
Tabela 6 – Demanda de potência ativa do sistema proposto com luminárias LEDs	33
Tabela 7 – Estimativa do consumo de energia do sistema atual e do sistema proposto .	33
Tabela 8 – Valor estimado total do projeto de substituição das luminárias	34
Tabela 9 – Cálculo da TIR	36

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1	Conceitos e unidades utilizadas em iluminação	16
2.1.1	<i>Fluxo luminoso (lm)</i>	16
2.1.2	<i>Eficiência luminosa (lm/W)</i>	16
2.1.3	<i>Iluminamento ou iluminância (lux)</i>	16
2.1.4	<i>Temperatura de cor (Kelvin)</i>	17
2.1.5	<i>Índice de reprodução de cor (IRC)</i>	17
2.1.6	<i>Vida útil</i>	17
2.2	Componentes básicos de um sistema de iluminação pública	18
2.2.1	<i>Relé Fotoelétrico</i>	19
2.2.2	<i>Reator</i>	19
2.2.3	<i>Ignitores</i>	20
2.2.4	<i>Braço de sustentação</i>	20
2.2.5	<i>Luminárias</i>	20
2.2.6	<i>Suportes</i>	21
2.2.7	<i>Lâmpadas</i>	21
2.2.7.1	<i>Lâmpadas mistas</i>	21
2.2.7.2	<i>Lâmpadas a vapor de mercúrio</i>	22
2.2.7.3	<i>Lâmpadas a vapor de sódio</i>	22
2.2.7.4	<i>Lâmpadas a vapor metálico</i>	23
2.3	LEDs aplicado a iluminação pública	23
2.3.1	<i>Luminárias LEDs para iluminação pública</i>	23
2.4	Métodos de análise econômica de investimento	25
2.4.1	<i>Taxa interna de retorno (TIR)</i>	25
2.4.2	<i>Tempo de retorno simples (Payback)</i>	26
3	ESTUDO DE CASO	27
3.1	O município de Forquilha - CE	27
3.2	Diagnóstico da situação atual	28
3.3	Descrição e detalhamento das novas luminárias LEDs a serem instaladas .	30
3.4	Estimativa da demanda e consumo de energia elétrica com a instalação	32

	das novas luminárias LED	
3.5	Análise da viabilidade econômica entre o sistema convencional e o sistema proposto com luminárias LED	34
3.5.1	<i>Análise do Payback</i>	34
3.5.2	<i>Análise da TIR</i>	35
4	CONCLUSÕES	37
4.1	Trabalhos futuros	37
	REFERÊNCIAS	38
	APÊNDICE A – PLANILHA UTILIZADA PARA O LEVANTAMENTO DOS PONTOS DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA	41
	ANEXO A – ORÇAMENTO DAS LUMINÁRIAS LEDs	42

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, o combate ao desperdício de energia e a eficiência energética tem sido assuntos cada vez mais presentes no cenário mundial (NOGUEIRA, 2013), no Brasil vem ganhando recentemente destaque devido à crise econômica.

No setor de iluminação pública, que está entre os pontos fundamentais para o desenvolvimento social e econômico de uma região e que, atualmente, é realizada a partir de diversas tecnologias como: lâmpadas de luz mista, a vapor de mercúrio e a vapor de sódio. Apesar de terem sido consideradas uma evolução no campo da iluminação, há o desperdício significativo de energia em consequência da baixa eficiência apresentada (EPE, 2014).

Dentro deste cenário de evolução tecnológica na iluminação, surge a tecnologia LED (Light Emitting Diode - diodos emissores de luz), apresentando enorme durabilidade e eficiência energética. Atualmente é possível a utilização de LED em grande escala, pois além de estar em desenvolvimento constante, apresenta um crescimento contínuo de eficiência (RODRIGUES, 2012).

Apesar de haver estudos e pesquisas sobre a tecnologia LED, poucas pessoas conhecem de fato como funcionam, levando em conta a princípio apenas o seu elevado custo financeiro de implantação. Assim, é preciso considerar também os benefícios proporcionados por altos índices de economia de energia, elevada vida útil e baixo fator de manutenção. Tendo em vista os aspectos positivos que essa tecnologia pode oferecer, percebe-se uma pequena utilização de lâmpadas à base de LED na iluminação pública. Com o constante desenvolvimento tecnológico, a tendência é a mudança nesse cenário (FERREIRA, 2018).

Diante das vantagens da utilização de iluminação LED já expostas, o presente trabalho teve como objetivo geral analisar a viabilidade econômica da aplicação de luminárias LEDs em trechos da rede de iluminação pública do município de Forquilha - CE. Para isso busca atingir os seguintes objetivos específicos: conhecer e apresentar as principais tecnologias aplicadas nos sistemas de iluminação pública, realizar levantamento dos pontos de iluminação para realização da pesquisa no local de estudo, apresentar um estudo simplificado da substituição de luminárias convencionais existentes no local por luminárias LED e avaliar a viabilidade econômica da substituição das luminárias.

A principal motivação para o desenvolvimento deste trabalho foi o desejo de conhecer o custo x benefício acerca da aplicação de sistemas de iluminação pública utilizando luminária LED na substituição do sistema convencional, que muitas vezes, são ineficientes energeticamente e que utiliza equipamentos obsoletos ou inadequados para a via, ou seja, não

normatizados e contribuir com informações relevantes a fim de se facilitar a aplicação dessa tecnologia, a partir do conhecimento da viabilidade econômica.

Apresenta-se uma metodologia capaz de realizar uma estimativa do consumo energético atual com levantamento em campo de dados do sistema de iluminação pública do município de Forquilha - CE, e realizar uma comparação com o consumo da proposta de eficiência, e aceitação ou não da nova tecnologia com o auxílio de ferramentas econômicas, estudar a viabilidade da implantação do projeto.

O primeiro capítulo apresenta a introdução ao tema do trabalho, destacando a importância da tecnologia LED, metodologia, objetivo geral e específico. O segundo capítulo serão tratados os conceitos de iluminação pública, abrangendo seus equipamentos, grandezas e unidades. Apresenta o LEDs, sua utilização e aplicação em iluminação pública e as ferramentas utilizadas no cálculo de viabilidade. No terceiro capítulo foi realizado um estudo de caso do município de Forquilha - Ce, buscando-se uma resposta se há ou não viabilidade econômica na implantação de um sistema LED nas principais vias da cidade. No Capítulo 4 são apresentados os resultados obtidos no estudo e tecidas as considerações finais sobre o estudo realizado, bem como sugeridas algumas propostas de trabalhos futuros.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A iluminação pública pode ser definida como um serviço que tem por objetivo prover de luz ou claridade artificial aos logradouros públicos no período noturno ou em eventuais períodos de escurecimento diurnos (ROSITO, 2009a).

Trata-se de um serviço essencial que possui influência direta na vida das pessoas e no espaço urbano, pois contribui para a segurança da população e para o tráfego de veículos, além, de favorecer muitas atividades humanas importantes, sejam elas econômicas ou de lazer (CASA; VERONI, 1999).

2.1 Conceitos e unidades utilizadas em iluminação

A seguir serão apresentados alguns termos luminotécnicos e elétricos básicos necessários para a compreensão dos demais capítulos deste trabalho.

2.1.1 Fluxo luminoso (lm)

Fluxo luminoso é definido como a quantidade luz produzido por uma fonte luminosa, através da energia emitida por radiação em todas as direções. A unidade de medida é o lúmen (lm) (FRÓES DA SILVA, 2006).

2.1.2 Eficiência luminosa (lm/W)

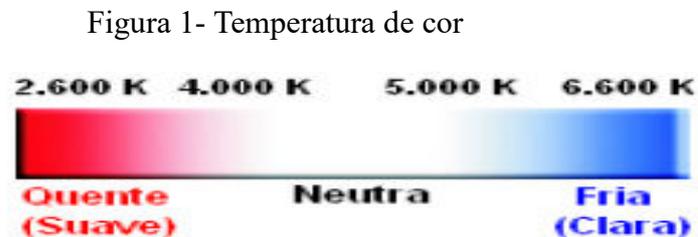
Eficiência luminosa é definida como a relação entre o fluxo luminoso total emitido por uma fonte e a potência consumida, sua unidade é o lúmen por Watt (lm/W) (COSTA, 2006).

2.1.3 Iluminamento ou iluminância (lux)

Iluminância é o fluxo luminoso que incide sobre uma determinada área da superfície iluminada, sendo assim sua unidade é o lúmen por metro quadrado (lm/m²), denominada lux (NISKIER, 2008).

2.1.4 Temperatura de cor (Kelvin)

Temperatura de cor é uma grandeza que expressa a aparência de cor emitida por uma fonte luminosa. Quanto mais alto for o valor da temperatura de cor de uma fonte luminosa mais branca será a luz emitida pela mesma. O termo embora seja medido em Kelvins, não tem qualquer relação com a temperatura física da fonte luminosa é apenas uma analogia com a cor da luz emitida por um corpo negro quando aquecido (COSTA, 2006). É usual classificar uma lâmpada em luz quente, neutra ou fria. A figura 1 mostra a escala de temperatura de cor para esses três tipos de classificação.



Fonte: Ideal iluminação (2018).

2.1.5 Índice de reprodução de cor (IRC)

O IRC é definido como a medida de aproximação entre a cor real de um objeto ou superfície e sua aparência ao ser iluminado por uma fonte de luz artificial, sendo quantificado em porcentagem de 0 a 100%. Uma fonte luminosa com IRC de 100%, por exemplo, é a que apresenta as cores de um objeto com a máxima fidelidade e precisão (COPEL, 2012).

2.1.6 Vida útil (h)

Vida útil é o tempo, que uma lâmpada leva para atingir uma quantidade de luz equivalente a 70% de seu valor inicial, devido à depreciação do fluxo luminoso e às queimas ocorridas no período. A unidade de vida útil é o tempo, medido em horas (h) (ROSITO, 2009b).

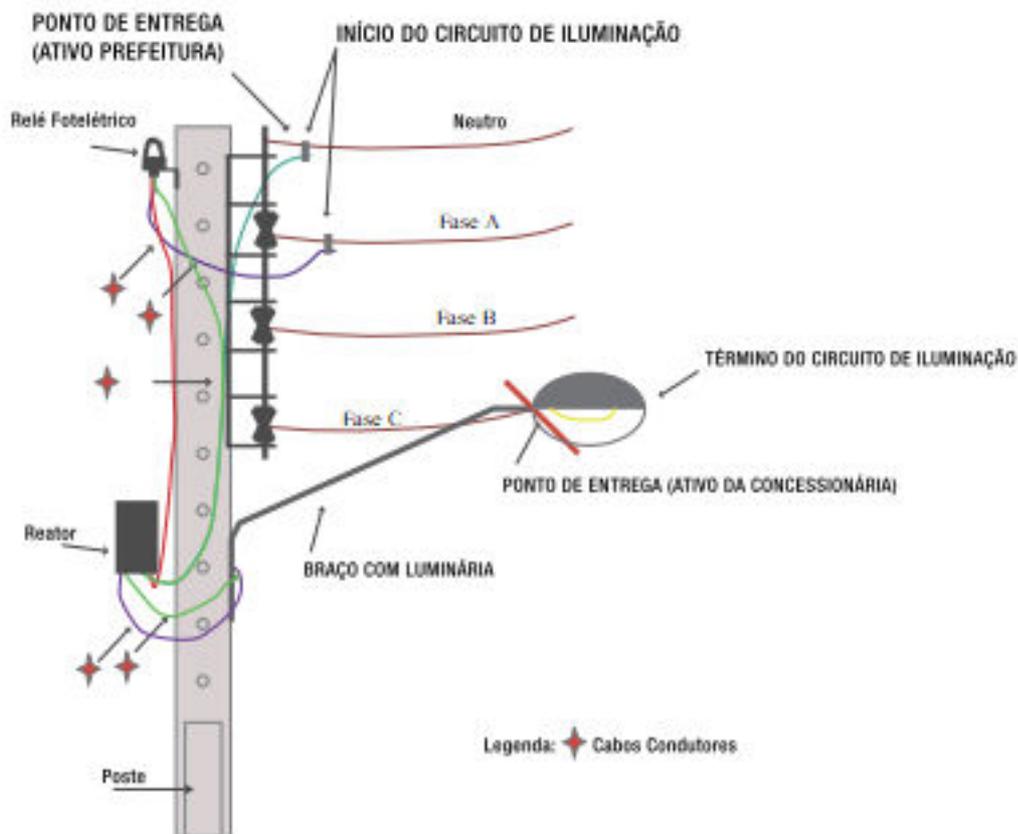
2.2 Componentes básicos de um sistema de iluminação pública

O sistema de iluminação pública é caracterizado, não apenas pelo tipo e potência da lâmpada utilizada, mas por todo um conjunto de equipamentos que juntos são responsáveis por constituir a fonte luminosa. A saber, os componentes são classificados como Ativo Imobilizado em Serviço (AIS), que é de responsabilidade dos municípios, e os ativos ligados, à concessão das distribuidoras (CEPAM, 2013).

São de responsabilidade dos municípios e fazem parte do AIS, por exemplo, luminárias, lâmpadas, relés fotoelétricos, reatores, braços de sustentação da luminária, eletrodutos, caixas de passagem e condutores exclusivos para iluminação pública, enquanto os postes e a rede de distribuição de energia elétrica são de responsabilidade da concessionária (CEPAM, 2013).

A figura 2 mostra um esquema básico de montagem com as partes principais de um circuito de iluminação pública.

Figura 2- Sistema de um circuito de iluminação básico



Fonte: Cepam (2013, com adaptação).

Serão apresentados a seguir, de forma simplificada, alguns dos principais equipamentos que compõem o AIS.

2.2.1 Relé Fotoelétrico

Este dispositivo controla o acendimento e o desligamento da lâmpada automaticamente, de acordo com o nível de luz presente no ambiente (NOGUEIRA, 2013).

O acionamento automático em iluminação pública é muito importante, pois elimina a necessidade de um operador para acender e apagar a lâmpada, bem como uso do fio-piloto para o comando das lâmpadas. O fio piloto corresponde ao fio retorno que seria ligado em um interruptor (SOUZA; COSTA, 2004). Na figura 3 é apresentado um modelo de um relé.

Figura 3 – Exemplo de relé fotoelétrico



Fonte: Rosito (2009c).

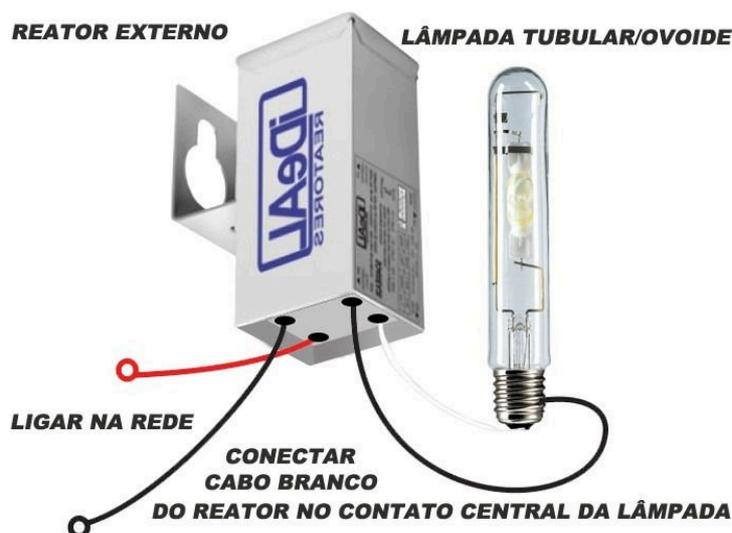
2.2.2 Reator

O reator é um equipamento auxiliar e tem como objetivo limitar a corrente elétrica na lâmpada. Além disso, é fundamental para fornecer as características elétricas adequadas, garantindo a vida útil fornecida pelo fabricante (AGUERA, 2015; ROSITO, 2009c).

Seu uso é obrigatório e indispensável na iluminação com lâmpadas fluorescentes, a vapor de mercúrio, sódio e metálico.

De acordo com o princípio de funcionamento os reatores se dividem em eletrônicos e magnéticos, e de acordo com o uso, em interno e externo, dependendo do tipo de aplicação. Na figura 4 tem-se um exemplo de como é feita a conexão entre uma lâmpada e a rede de energia elétrica por meio de um reator externo.

Figura 4 - Reator externo



Fonte: Ideal iluminação (2018).

2.2.3 Ignitores

Ignitor é um dispositivo eletrônico auxiliar utilizado juntamente com o reator, tem por função gerar um pulso de tensão da ordem de 5000 V necessário para acionar lâmpadas a vapor de sódio e a vapor metálico (PROCEL, 2011).

2.2.4 Braço de sustentação

São equipamentos, geralmente metálicos, utilizados para manter a luminária na posição e altura desejada, além de servirem como eletroduto para os cabos de alimentação.

Os braços podem apresentar comprimentos e ângulos de inclinação diversos e devem ser suficientemente resistentes mecanicamente para suportar o peso das luminárias e os esforços provocados pelas mesmas sob ação de diferentes intensidades de ventos e vibrações, além de serem fabricados com proteção contra corrosão (COPEL, 2012).

2.2.5 Luminárias

As luminárias têm a função de proteger a lâmpada em seu interior contra variações climáticas e servir de suporte e intermédio de conexão entre as lâmpadas e a rede elétrica, além, de distribuir, filtrar ou modificar a luz emitida pela lâmpada.

Há dois vários fatores relevantes na especificação e compra de luminárias para iluminação pública. São eles: o difusor, cuja finalidade é direcionar a luz da lâmpada para os objetos ou pessoas, sem ofuscar a visão; e o refletor, que geralmente é uma superfície espelhada inserida no interior da luminária com a função de refletir e distribuir a luz para um ponto específico, provocando um melhor aproveitamento da luz. Na figura 5 observa-se internamente que a luminária tem a sua superfície espelhada.

Figura 5 - Luminária pública



Fonte: Empalux (2018).

2.2.6 Suportes

Os suportes são materiais utilizados para fixação ou instalação dos componentes do circuito de iluminação pública, como por exemplo, terminal de pressão para fixar os condutores, ou base para relé, além de parafusos, porcas e arruelas de pressão para fixação, entre outros (AGUERA, 2015).

2.2.7 Lâmpadas

As lâmpadas são fontes de luz artificial que possuem o papel principal no contexto de iluminação, o de iluminar. As lâmpadas se dividem em diferentes grupos de acordo com seu princípio de funcionamento: lâmpadas incandescentes, lâmpadas fluorescentes, lâmpadas de descarga e lâmpadas LED (NETO, 2017). Atualmente, as lâmpadas de descarga são as mais utilizadas nos sistemas de iluminação pública (SCHUCH et al., 2011).

2.2.7.1 Lâmpadas mistas

As lâmpadas mistas são lâmpadas com filamento incandescente, que utilizam vapor de mercúrio em sua composição em um tubo de descarga.

Possuem característica construtiva que consiste em um bulbo preenchido com gás, revestido na parede com fósforo, contendo um tubo de descarga em série com um filamento de tungstênio, que produz fluxo luminoso e contribui para limitar a corrente elétrica da lâmpada podendo, ser ligada diretamente à rede elétrica, sem a necessidade de reator. Devido a essas características construtivas, estão disponíveis apenas na tensão de 220 V (ROSITO, 2009b).

Atualmente, esse tipo de lâmpada não é mais utilizado, pois possui uma eficiência luminosa extremamente baixa, cerca de 28 lm/W. Além disso, possui uma vida útil de até 8.000 horas, tornando o seu uso inviável quando comparada a outras lâmpadas de descarga (ROSITO, 2009b; BAKMAN, 2018).

2.2.7.2 Lâmpadas a vapor de mercúrio

A lâmpada a vapor de mercúrio é considerada um tipo de lâmpada pouco eficiente e vem sendo gradativamente substituída pelas lâmpadas a vapor de sódio, vapor metálico ou outras fontes mais eficientes (ROSITO, 2009b).

O seu princípio de funcionamento baseia-se na produção de luz através da excitação de gases (como o argônio ou outro gás inerte) em um tubo provocada por corrente elétrica e depende de um reator. A principal aplicação era a iluminação decorativa de praças e ruas, pois valorizava as cores naturais do ambiente, como o verde do gramado e das árvores (ROSITO, 2009b).

Também considerada pouco eficiente, apresenta eficiência de até 55 lm/W, e índice de reprodução de cores na faixa dos 55%. Possui alta depreciação do fluxo luminoso ao longo da vida útil, que é de até 15.000 horas (ROSITO, 2009b).

2.2.7.3 Lâmpadas a vapor de sódio

A lâmpada a vapor de sódio tem princípio de funcionamento semelhante à vapor de mercúrio, tendo como diferença básica a adição do sódio. Para seu funcionamento, além do reator, é necessário o uso de um ignitor, que tem o objetivo de promover a partida na lâmpada (ROSITO, 2009b).

A lâmpada a vapor de sódio emite uma luz amarelada, o que costuma deixar a vegetação com aparência de queimado e causar um desconforto visual, resultado do baixo índice de reprodução de cor, na faixa dos 25%, sua principal desvantagem. Sua eficiência é

considerada alta, podendo chegar a 140 lm/W, dependendo da potência e da qualidade de tecnologia empregada na fabricação. Possui uma vida útil maior que os modelos anteriormente apresentados, variando entre 16.000 e 32.000 horas (ROSITO, 2009b).

Por possuir vida útil superior aos outros modelos de lâmpada exibidos, é o tipo mais utilizado na iluminação pública e externa, em locais onde a reprodução de cor não é um fator muito relevante (NETO, 2017).

2.2.7.4 Lâmpadas a vapor metálico

A lâmpada a vapor metálico possui princípio de funcionamento similar às demais lâmpadas de descarga, em que, a partir da descarga elétrica em um tubo contendo um gás a luz é produzida. A única diferença é tipo de gás utilizado em sua composição, que, neste caso, é formado por iodetos metálicos (ROSITO, 2009b).

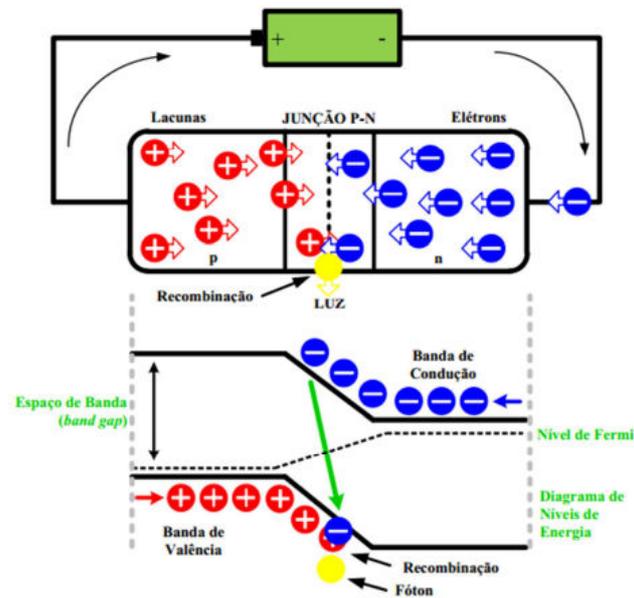
A luz emitida por esse tipo de lâmpada é extremamente branca e brilhante e, para funcionar, necessita de reator e ignitor. Essa lâmpada reúne algumas das vantagens das lâmpadas de vapor de sódio com outras das lâmpadas de vapor de mercúrio, melhorando especialmente o índice de reprodução de cor, em torno de 70% (ROSITO, 2009b).

Possui uma eficiência de até 100 lm/W e vida útil, cerca de 15.000 horas, bem inferior à das lâmpadas vapor de sódio, sendo este seu principal ponto negativo (ROSITO, 2009b).

2.3 LEDs aplicados à iluminação pública

Os LEDs, ou diodos emissores de luz, são dispositivos eletrônicos semicondutores constituídos de dois materiais diferentes, que formam uma junção do tipo PN, que permite fluxo de corrente em apenas uma direção. Quando a junção PN é polarizada diretamente, as lacunas (espaços determinados pela falta de elétrons) do material do tipo P e os elétrons do tipo N deslocam-se em direção à região de depleção, que é a área de transição entre os materiais P e N. Essa recombinação gera energia que é liberada sob a forma de fótons de luz (NOGUEIRA, 2013). A figura 6 mostra uma representação simplificada do processo de emissão de luz em um LED.

Figura 6 - Funcionamento interno de um LED



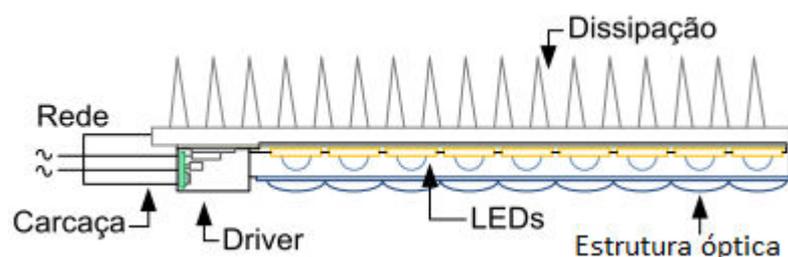
Fonte: Bender (2012).

Os LEDs mais aplicados em iluminação são os de luz branca, os PC-LEDs (*Phosphor converted LEDs*), que podem ser divididos em dois grupos: Os LEDs de alto brilho, também conhecidos como HB-LEDs (*High Brightness LEDs*), que operam com baixos níveis de potências, com correntes nominais típicas de 20 mA; E os LEDs de alta potência HP-LEDs (*High Power LEDs*), que trabalham em níveis de potência mais elevados, com correntes nominais típicas de 300 mA até 1,5A. Os HP-LEDs possuem maior fluxo luminoso e eficácia luminosa, sendo mais eficaz do que os HB-LEDs, sendo os mais indicados para aplicação em iluminação pública (RODRIGUES et al, 2011; SCHUCH et al., 2011).

2.3.1 Luminárias LEDs para iluminação pública

Na figura 7 é apresentada uma estrutura simplificada de uma luminária LED destinada à iluminação pública, composta basicamente por quatro partes: LEDs, estrutura óptica, carcaça e driver.

Figura 7 - Estrutura básica de uma luminária LED



Fonte: Rodrigues (2012, com adaptação).

A estrutura óptica é composta por lentes, colimadores e refletores que auxiliam o ângulo de abertura do feixe luminoso emitida pelos LEDs, tornando a iluminação mais uniforme e melhor distribuída. Em alguns modelos, o aumento da abertura do feixe luminoso é realizado através da curvatura da superfície de montagem dos LEDs (RODRIGUES, 2012).

A estrutura de dissipação de calor geralmente faz parte da estrutura da carcaça da luminária, e é responsável por fazer a transferência de calor gerado pela junção dos LEDs para o ambiente (LIU et al., 2010).

O driver é o dispositivo eletrônico responsável pelo acionamento e controle dos LEDs adequando o nível de controle da corrente de alimentação e, a potência dos mesmos. Além disso, podem incorporar uma série de funcionalidades à luminária, como dimerização, telecomunicação e etc (RODRIGUES, 2012).

2.4 Métodos de análise econômica de investimento

2.4.1 Taxa interna de retorno (TIR)

A Taxa interna de retorno (TIR) é o valor da taxa de desconto expressa em percentual que demonstra o quanto um projeto de investimento é capaz de ter lucro ou prejuízo dado um período predeterminado (SAMANEZ, 2002).

Um projeto deveria ser aceito se o valor presente líquido do fluxo de caixa (VPL), depois de descontados os recebimentos, superasse o das despesas. Ao considerar os investimentos como valores negativos e os recebimentos como valores positivos, um projeto de investimento só seria economicamente viável quando o VPL for maior ou igual a zero, ou seja, $VPL \geq 0$. A TIR é o valor da taxa de desconto que anula o VPL do fluxo de caixa de investimento. A equação (1) define o cálculo da TIR.

$$VPL= 0 = \text{investimento inicial} + \sum_{T=0}^N \frac{FC_T}{(1 + TIR)^T} \quad (1)$$

Sendo,

FC_T = Fluxo de caixa (R\$);

T = Período de investimento (ano).

2.4.2 Tempo de retorno simples (*Payback*)

O Tempo de retorno simples (*Payback*) representa o período de tempo necessário para recuperação do investimento. Para o cálculo deste indicador, são necessárias duas informações: os custos de implantação do sistema e a economia anual relativo ao investimento (SAMANEZ, 2002).

$$Payback = \frac{Custos}{Beneficios} \quad (\text{anos}) \quad (2)$$

Onde,

Custos = Custo total do projeto (R\$);

Benefícios = Economia anual proporcionada pelo investimento (R\$/ano).

3 ESTUDO DE CASO

O objetivo deste estudo de caso é saber se é viável economicamente a substituição das luminárias convencionais existentes em alguns trechos do sistema de iluminação pública do município de Forquilha - Ce, por luminárias utilizando LEDs. Para tanto foram levantadas informações do município, as cargas na iluminação pública de algumas vias públicas da cidade e o modelo da luminária a ser proposta nos cálculos da viabilidade. Essa substituição será simulada considerando a condição de *retrofit*, ou seja, a simples troca de um modelo de luminária por outra, mantendo as características da instalação existente, não sendo previsto cálculos luminotécnicos das vias públicas.

3.1 O município de Forquilha - CE

A cidade de Forquilha é um município brasileiro que fica localizada na região noroeste do estado do Ceará. Pertence à Região Metropolitana de Sobral (RMS), em seus 517 km² de área total moram 21.786 habitantes (IBGE, 2010).

O mapa do estado do Ceará é mostrado na figura 8, sendo destacada a cidade de Forquilha - Ce.

Figura 8 - Mapa do Estado do Ceará



Fonte: Wikipédia (2018, com adaptação).

De acordo com IPECE (2015), as principais atividades econômicas são respectivamente: administração pública, comércio, indústria e transformação, agricultura de subsistência e pesca artesanal.

Seu índice FIRJAN de desenvolvimento municipal (IFDM) é de 0,6977. Este índice, medido na escala de zero a um, trata-se da análise do desenvolvimento socioeconômico de um município levando em consideração três áreas: emprego & renda, educação e saúde (FIRJAN, 2018).

Em relação à eficiência energética o município não possui um plano de gestão energética municipal. No entanto, há o interesse da Prefeitura pelo investimento em projetos de conservação de energia. Atualmente, avalia-se a possibilidade de investimentos em projetos de *retrofit* das luminárias existentes na iluminação pública municipal por luminárias LED.

3.2 Diagnóstico da situação atual

Para o estudo foram selecionadas cinco principais vias da cidade de Forquilha para realizar o levantamento completo de todo o sistema de iluminação pública existente no local. No total foram selecionados cinco vias do município, que foram divididas por trechos. A figura 9 mostra o mapa da cidade de Forquilha, em destaque, os trechos indicados para a realização do levantamento das cargas.

Figura 9 - Demarcação dos trechos escolhidos para o levantamento.



Fonte: Google Earth Pro (2018, com adaptações).

O processo de levantamento de dados foi realizado através de visitas aos locais e com ajuda de uma planilha foram colhidos os dados observados em campo. O modelo da planilha encontra-se no APÊNDICE A. O resultado final desse levantamento foi repassado à tabela 1 a seguir:

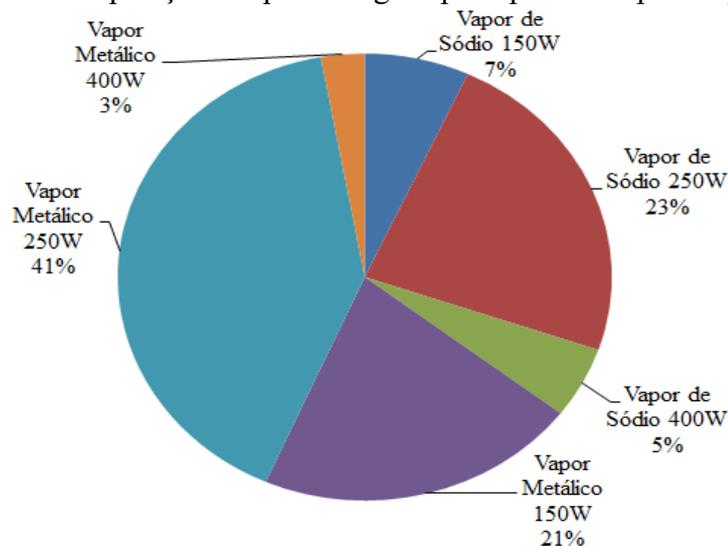
Tabela 1 - Descrição do sistema de iluminação pública nos trechos analisados

Tipo de lâmpada	Fabricante	Potência nominal (W)	Perdas no reator (W)	Fluxo luminoso (lm)	Quantidade
Vapor de sódio	G-Ligth	150	20	15.290	12
Vapor de sódio	G-Ligth	250	25	27.163	41
Vapor de sódio	G-Ligth	400	40	47.781	9
Vapor Metálico	G-Ligth	150	12	15.000	37
Vapor Metálico	G-Ligth	250	25	21.000	71
Vapor Metálico	G-Ligth	400	35	35.000	5
Total de luminárias					175

Fonte: O Autor (2018).

Através dos dados da tabela 1, percebe-se que há o uso predominante de lâmpadas de vapor metálico de 250 W nos trechos em que foi realizado o levantamento do sistema de iluminação pública de Forquilha, correspondendo a 41% o total. Os percentuais das outras lâmpadas podem ser vistos na figura 10, logo abaixo:

Figura 10 - Composição em porcentagens por tipo de lâmpada e potência



Fonte: O Autor (2018).

3.3 Descrição e detalhamento das novas luminárias LEDs a serem instaladas

Para a definição da luminária LED a ser utilizada no estudo de viabilidade, foram realizadas busca de fabricantes nacionais de referência no mercado de iluminação, e, dentre esses foram escolhidos os produtos da empresa ConexLED, da linha Una, cujo modelo da luminária é mostrada na figura 11.

Figura 11 - Luminária Pública LED da linha Una ConexLED.



Fonte: Extraído de ConexLed (2018).

A partir da definição do modelo, foram analisadas a potência de cada produto e o fluxo luminoso total da luminária, para que houvesse uma equivalência com o modelo atual apresentado na tabela 1. Como a maioria das luminárias existentes nos trechos onde foi realizado o levantamento é do tipo aberta com reator instalado de forma externa como mostrado na figura 12 e, de acordo com Rosito (2009b) estes tipos de luminária possui rendimento luminotécnico entre 40% e 55 %. Para efeitos de escolha da luminária LED equivalente, será adotada uma perda do fluxo total de 50% para cada tipo de lâmpada.

Figura 12 - Luminária do tipo aberta



Fonte: O Autor (2018).

Para a substituição das luminárias convencionais com potência de 150 W, foi escolhida a luminária pública LED da linha Una ConexLED de modelo CLU-M90. Os dados técnicos referentes este modelo de luminária encontra-se na tabela 2.

Tabela 2- Dados técnicos e características da Luminária Pública LED CLU-M90

Luminária Pública LED Modular CLU-M90	
Potência nominal	92 W
Fluxo luminoso da luminária	10.727 lm
Eficiência	117 lm/W
Vida útil	50.000 horas
Temperatura de cor	5.000 K
Equivalência	150 W Convencional
Preço unitário	R\$ 1.146,91

Fonte: ConexLED (2018). Datasheet CLU-90.

Em substituição as luminárias convencionais com potência de 250 W foi escolhido a luminária LED da linha Una ConexLED de modelo CLU-M150. Os dados técnicos referentes este modelo de luminária encontra-se na tabela 3.

Tabela 3- Dados técnicos e características da Luminária Pública LED CLU-M150.

Luminária Pública LED Modular CLU-M150.	
Potência nominal	139 W
Fluxo luminoso da luminária	16.697 lm
Eficiência	145 lm/W
Vida útil	50.000 horas
Temperatura de cor	5.000 K
Equivalência	250 W Convencional
Preço unitário	R\$ 1.210,54

Fonte: ConexLED (2018). Datasheet CLU-150.

Em substituição das luminárias convencionais com potência de 400 W foi escolhida a luminária pública LED da linha Uma ConexLED de modelo CLU-M250. Os dados técnicos referentes este modelo de luminária encontra-se na tabela 4.

Tabela 4 - Dados técnicos e características da Luminária Pública LED CLU-M250.

Luminária Pública LED CLU-M250	
Potência nominal	217 W
Fluxo luminoso da luminária	25.150 lm
Eficiência	150 lm/W
Vida útil	50.000 horas
Temperatura de cor	5.000 K
Equivalência	400 W Convencional
Preço unitário	R\$ 1.736,26

Fonte: ConexLED (2018). Datasheet CLU-250.

3.4 Estimativa da demanda e consumo de energia elétrica com a instalação das novas luminárias LED

Este estudo prevê a substituição de todos os de 175 pontos de iluminação pelas luminárias LED descritas na seção 3.3. A tabela 5 apresenta os dados de potência do sistema existente.

Tabela 5 - Demanda de potência ativa do sistema atual

Tipo de lâmpada	Quantidade	Potência nominal (W)	Perdas no reator (W)	Potência+ Perda no reator (W)	Potência Total (kW)
Vapor de sódio	12	150	20	170	2,04
Vapor de sódio	41	250	25	275	11,28
Vapor de sódio	9	400	40	440	3,96
Vapor Metálico	37	150	12	162	5,99
Vapor Metálico	71	250	25	275	19,53
Vapor Metálico	5	400	35	435	2,18
Carga instalada (kW)					44,97

Fonte: O Autor (2018).

Com base nos dados apresentados na tabela 5, a tabela 6 apresenta a estimativa de potência do sistema proposto com luminárias LEDs.

Tabela 6- Demanda de potência ativa do sistema proposto com luminárias LEDs

Modelo da luminária	Quantidade	Potência Nominal (W)	Potência total (kW)
CLU-M90	49	92	4,508
CLU-M120	112	139	15,568
CLU-M200	14	217	3,038
Carga instalada (kW)			23,12

Fonte: O Autor (2018).

Esses dados mostram que, em relação ao sistema atual com luminárias convencionais, o sistema proposto com luminárias LEDs demanda 48,58% menos potência ativa, ou seja, quase metade da demanda atual é reduzida. Seguindo esse mesmo raciocínio, é possível estimar também a economia obtida com consumo de energia elétrica entre os sistemas, como apresentado na tabela 7.

Tabela 7 - Estimativa do consumo de energia do sistema atual e do sistema proposto

Tipo de Luminária	Potência Instalada (kW)	Horas/Dia (hrs)	kWh (Dia)	KWh (Mês)	MWh (Ano)
Luminárias convencionais	44,97	12	539,64	16.189,2	196,9686
Luminárias LED	23,12	12	277,44	8.323,2	101,2656

Fonte: O Autor (2018).

Na tabela 7, observa-se que a estimativa de consumo diário é baseada no funcionamento do sistema durante 12 horas, período estimado das 18 horas à 6 horas da manhã do dia seguinte. O consumo mensal é a multiplicação da estimativa diária em kWh por 30 e o anual por 365. Como a potência demandada pelas luminárias LEDs é menor que as existentes, considerando a substituição de todos os 175 pontos de iluminação é obtido uma economia de aproximadamente 7.866 kWh por mês ou 95,703 MWh por ano.

3.5 Análise da viabilidade econômica entre o sistema convencional e o sistema proposto com luminárias LED.

Considerando os dados de demanda de potência obtidos na seção anterior, podem-se estimar, em termos financeiros, o consumo mensal do sistema atual com lâmpadas convencionais e do sistema proposto com luminárias LEDs, levando em consideração o valor da tarifa de iluminação pública B4a de R\$ 0,3710/kWh aplicada pela concessionária local, a Enel Distribuição, com PIS/COFINS e ICMS (ANEEL, 2018).

Os dados que foram estimados no subitem 3.4 apontam uma redução de 7.866 kWh por mês no consumo de energia ativa após a implantação das luminárias LEDs. Considerando a atual tarifa aplicada de R\$ 0,3710/kWh tem-se uma economia de R\$ 2.918,29 por mês. Do mesmo modo, anualmente, uma redução no consumo de energia de 95,703 MWh, tem-se uma economia de R\$ 35.505,81.

Também se pode calcular o capital que seria investido na compra das novas luminárias, desconsiderando o custo com a mão-de-obra, e lembrando que a substituição é feita de forma *retrofit*, os dados da tabela 8 estimam o valor aproximado do projeto levando em consideração o orçamento informado pelo fabricante das luminárias, podendo ser consultado através do ANEXO A.

Tabela 8 - Valor estimado total do projeto de substituição das luminárias

Modelo da luminária	Quantidade	Preço unitário (R\$)
CLU-M90	49	1.146,91
CLU-M150	112	1.210,54
CLU-M250	14	1.736,26
Preço total (R\$)		216.086,71

Fonte: O Autor (2018).

3.5.1 Análise do Payback

Esta análise levará em consideração os resultados obtidos na seção 3.5 visando avaliar a viabilidade financeira. Neste caso o cálculo do *payback* se dá utilizando como custos, valor inicial do investimento total na compra das luminárias (tabela 8) e como benefícios o valor do consumo de energia economizado anualmente, como calculado no item anterior. Não foi considerado o valor economizado com manutenção das luminárias visto que

esse processo é realizado somente quando as luminárias ou equipamentos encontram com algum tipo de defeito, seja por vandalismo, como, por exemplo a quebra de lente das luminárias, ou que foram furtadas de seus locais de instalação. Como se trata de um parâmetro muito volátil optou-se por não calcular o *payback* prevendo essas intervenções de manutenção. Assim, utilizando a expressão 2, o *payback* simples, ou tempo de recuperação de capital de investimento será de:

$$\text{Payback} = \frac{\text{Custos}}{\text{Benefícios}} = \frac{R\$216.086,71}{R\$35.505,81} = 6,08(\text{anos})$$

É possível notar com o resultado obtido que o projeto de implantação das luminárias LEDs possui um tempo de retorno de aproximadamente 6 anos, que equivale a 72 meses. Logo é possível concluir que o tempo de retorno do investimento feito na compra das luminárias é inferior ao tempo de operação desses equipamentos levando em consideração a informação do fabricante, é estimado em 50 mil horas, ou seja, se for considerado o funcionamento do sistema durante 12 horas diárias, o tempo de funcionamento das luminárias é de aproximadamente, 11 anos e meio. Portanto, o investimento mostra-se bastante favorável, já que garante o retorno de todo o investimento realizado.

3.5.2 Análise da TIR

A TIR será calculada levando-se em consideração o valor do investimento inicial com a compra das luminárias LEDs e a economia de energia obtida através da troca do sistema atual pelo o novo sistema de iluminação, como feito anteriormente no estudo do *payback*. Além disso, foi considerado o retorno de investimento para o horizonte de 12 anos, a uma taxa de desconto de 8% a.a, conforme orienta a chamada pública para o programa de eficiência energética da ENEL Ceará de 2018 (ENEL, 2018).

Com os resultados obtidos no item anterior, foi calculado a TIR do projeto utilizando-se da função TIR (taxa interna de retornos) no programa Excel®. A tabela 9 mostra o valor inicial do projeto, os valores do fluxo anual de benefícios e o resultado encontrado para a TIR.

Tabela 9 - Cálculo da TIR

Investimento Inicial	R\$ - 216.086,71
Tempo (ano)	Fluxo de Caixa (FC_T)
1	R\$ 35.505,81
2	R\$ 35.505,81
3	R\$ 35.505,81
4	R\$ 35.505,81
5	R\$ 35.505,81
6	R\$ 35.505,81
7	R\$ 35.505,81
8	R\$ 35.505,81
9	R\$ 35.505,81
10	R\$ 35.505,81
11	R\$ 35.505,81
12	R\$ 35.505,81
TIR	12,33%

Fonte: O Autor (2018).

Através do cálculo da TIR é possível concluir que o projeto de substituição das luminárias apresenta um valor de 12,33%, um pouco acima do valor da taxa de juros para investimentos em projetos de iluminação pública, indicando assim expectativa de retorno financeiro.

4 CONCLUSÕES

Neste trabalho foi analisada a substituição das luminárias convencionais existentes em alguns trechos do sistema de iluminação pública do município de Forquilha - Ce por luminárias que utilizam a tecnologia LED. A substituição foi realizada de forma direta e os custos com mão-de-obra e o valor economizado com manutenção para tal foram desconsideradas.

Os resultados apresentados no capítulo 3 mostram, que a troca das luminárias convencionais de vapor de sódio e vapor metálico por luminárias LED é considerada vantajosa, levando em consideração apenas o valor economizado com energia reduzindo quase pela metade a demanda do sistema, gerando uma economia de 95,703 MWh de potência ativa por ano. O cálculo do *payback* simples mostrou que o tempo de retorno de investimento seria de 6 anos, dentro da vida útil do sistema de mais ou menos 11 anos ou 50 mil horas. O cálculo da TIR apresentou o valor de 12,33 % bem acima da taxa de desconto do projeto, significando um retorno de todo o custo investido no projeto.

Conforme apresentado no presente trabalho, entende-se como viável a substituição das atuais luminárias de vapor de sódio e vapor metálico por suas equivalentes em LEDs nos trechos estudados do sistema de iluminação pública da cidade de Forquilha - CE. Além das vantagens econômicas apresentadas por tal substituição, tem-se que a tecnologia LED de fato constitui um novo marco em eficiência energética para iluminação. A eficiência energética que tem se mostrado como um dos assuntos mais abordados nos últimos anos, onde cada vez é maior o número de estudos apontando para um cenário de escassez de falta de recursos naturais, afetando assim a produção de energia que apresenta uma demanda crescente.

4.1 Trabalhos Futuros

Para trabalhos futuros recomenda-se realizar o estudo luminotécnico das ruas e avenidas dos trechos escolhidos, analisar com outras ferramentas de cálculo de engenharia econômica a viabilidade econômica levando em consideração outras variáveis que não foram lavadas em consideração, por exemplo, a satisfação da sociedade e avaliar o uso de luminárias LEDs em iluminação pública associada a fontes alternativas de energia, como por exemplo, painéis solares e refazer o estudo de viabilidade levando em consideração o custo com mão-de-obra.

REFERÊNCIAS

AGUEIRA, Roger Saraiva. **Cenário brasileiro da iluminação pública**. 2015. TCC (Graduação em Engenharia Elétrica) - Departamento de Engenharia Elétrica e da Computação, Universidade de São Paulo, São Carlos, São Paulo, 2015.

BAKMAN, Igor. **Estudo de viabilidade financeira de um projeto de iluminação led**. 2018. TCC (Graduação em Engenharia Elétrica) - Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.

CASA, G; VERONI, F. A new way to manage public lighting. **IEEE Meeting and Taffifs for Energy Supply**, Itália, n.462, p. 91-95, maio, 1999.

COSTA, Gilberto José Corrêa da. **Iluminação econômica: cálculo e avaliação**. 4.ed. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2006.

COPEL - Companhia Paranaense de Energia. **Manual de iluminação pública**. Curitiba: COPEL Distribuição, 2012.

CEPAM – Fundação Prefeito F. Lima. **Iluminação pública - guia do gestor**. Secretária de energia do estado de São Paulo, São Paulo, 2013.

EMPALUX. **Luminária Pública Mirage II**. Disponível em: < <http://www.empalux.com.br/?a1=p&c=000005&s=000047> >. Acesso em: 01 de dezembro de 2018.

EPE - Empresa de Pesquisa Energética. **Nota técnica de 13/14: Demanda de energia 2050**. Rio de Janeiro: EPE, 2014.

ENEL. **Chamada Pública Enel Distribuição Ceará**. Disponível em: < <http://enel-ce.chamadapublica.com.br/> >. Acesso em: 20 dezembro de 2018.

FRÓES DA SILVA, L. L. **Iluminação Pública no Brasil: Aspectos Energéticos e Institucionais**. 2006. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: Coppe/UFRJ, 2006.

FERREIRA, Elídio Arimatéia. **Estudo de viabilidade econômica para instalação de Leds e**

sistemas fotovoltaicos na iluminação pública da praça do viva angelin. 2018. TCC (Graduação em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal do Maranhão, Maranhão, 2018.

BAKMAN, Igor. **Estudo de viabilidade financeira de um projeto de iluminação led.** 2018. TCC (Graduação em Engenharia Elétrica) - Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.

WIKIPÉDIA, a enciclopédia livre. Flórida: Wikimedia Foundation, 2018. Disponível em: <<https://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=Forquilha&oldid=53512095>>. Acesso em: 4 nov. 2018.

IDEAL ILUMINAÇÃO. **Catálogo de Produtos – Iluminação Ideal 2016/2017.** Disponível em: <<https://www.iluminacaoideal.com.br/>>. Acesso em: 07 setembro de 2018.

LIU, Lei et al. **Thermal analysis and comparison of heat dissipation methods on high-power LEDs.** In: Eletronic Packaging Techonology & High Density Packaging (ICEPT-HDP), 2010 11th International Conference on. IEEE, 2010. P. 1366-1370, 2011.

MAGGI, Tiago. **Estudo e implantação de uma luminária de iluminação pública à base de leds.** 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2013.

NISKIER, Julio. **Instalações Elétricas.** 5.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008.

NOGUEIRA, Fernando José. **Avaliação experimental de luminárias empregando leds orientadas a iluminação pública.** 2013. Dissertação (Mestrado em sistemas eletrônicos) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, Minas Gerais, 2013.

NETO, Ezequiel Marinho de Oliveira. **Panorama da Iluminação Pública no Brasil: Estudo de Caso no Município de Fortaleza.** 2017. TCC (Graduação em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017.

PROCEL. **Manual de Iluminação.** Rio de Janeiro, 2011.

ROSITO, Luciano Haas. As origens da iluminação pública no Brasil. **Rev. O Setor Elétrico**. São Paulo, edição 36, p. 30-35, 2009a.

ROSITO, Luciano Haas. Capítulo III Componentes da iluminação pública. **Rev. O Setor Elétrico**. São Paulo, edição 36, p. 18-24, 2009b.

ROSITO, Luciano Haas. Capítulo IV Componentes da iluminação pública parte II. **Rev. O Setor Elétrico**. São Paulo, edição 36, p. 18-24, 2009c.

RODRIGUES, C. R. B. S.; ALMEIDA, P. S.; JORGE, J. M.; SOARES, G. M.; PINTO, D.P.; BRAGA, H. A. C. **Experimental Characterization Regarding Two Types Of Phosphor-converted White High-brightness LEDs: Low Power And High Power Devices**. In: Power Electronics Conference (COBEP), 2011 Brazilian. IEEE, p. 734-740, 2011.

RODRIGUES, C. R. B. S. **Contribuições ao uso de diodos emissores de luz em iluminação pública**. 2012. Dissertação (Mestrado em sistemas eletrônicos) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, Minas Gerais, 2012.

SOUZA, Ronimack Trajano de; COSTA, Edson Guedes da. **Laboratório de Instalações Elétricas: Instalações Prediais**. Campina Grande, 2004.

SANTOS, I. M.; BARBOSA, D.; SILVA, K. F da.; SANTOS, W. F da. **Viabilidade Econômica da aplicação da Tecnologia LED nos Parques de Iluminação Pública: Estudo de Caso**. Bahia. 2016. Disponível em: <
https://www.researchgate.net/publication/303944945_Viabilidade_Economica_da_Aplicacao_da_Tecnologia_LED_nos_Parques_de_Illuminacao_Publica_Estudo_de_Caso>. Acesso em: 09 setembro de 2018.

SAMANEZ, Carlos Patrício. **Matemática Financeira: Aplicações à análise de investimentos**. 3ed. São Paulo: Prentice Hall, 2002.

SCHUCH, Luciano et al. **Sistema Autônomo de Iluminação Pública de Alta eficiência Baseado em Energia Solar e LEDs**. *Eletrôn Potên*. Campinas, v. 16, n. 1, p. 17-27, 2011.

TSAO, Jeff Y. Solid-state lighting: lamps, chips, and materials for tomorrow. **IEEE Circuits and Devices Magazine**, v. 20, n. 3, p. 28-37, 2004.

ANEXO A – ORÇAMENTO DAS LUMINÁRIAS LEDs



CONEX - ELETROMECÂNICA IND. E COM. LTDA
 cnpj: 54.601.612/0001-69 i. estadual: 635.439.004.119 i. municipal: 92475256
 ESTRADA SADAÉ TAKAGI, 215 - COOPERATIVA - SAO BERNARDO DO CAMPO - SP -
 09852-070
 tel.: (11)2334-9393 / (11)2331-0303 - VENDAS@CONEXLED.COM.BR

Validade da proposta: 10/12/2018

email:

Cliente: PREFEITURA MUNICIPAL DE FORQUILHA
 Endereço: MOCINHA VIANA, 25 -
 Cidade: FORQUILHA
 A/C : FRANCISCO RODRIGUES

CNPJ / CPF: 07.673.106/0001-03 Inscrição Estadual: ISENTA
 Bairro: CENTRO
 Estado: CE CEP: 62115-000 Tel.: 88 992615013 Fax:

produto(s)	cl. fiscal	dias úteis entrega	unid.	qtd.	vl. unitário	vl. total	aliq. ipi	valor ipi unitário	aliq. icms	valor icms unitário	valor difal unitário
01 - CLU-M250K50IES2 - LUMINARIA MODULAR LED PUBLICA 217W 5.000K FULL RANGE	9405.40.10	30	PC	1	1.411,0200	1.411,02	15,00	211,65	7,00	113,59	0,00
02 - CLU-M90K50IES2 - LUMINARIA MODULAR LED PUBLICA 92W 5.000K FULL RANGE	9405.40.10	30	PC	1	932,0700	932,07	15,00	139,81	7,00	75,03	0,00
03 - CLU-M150K50IES2 - LUMINARIA MODULAR LED PUBLICA 139W 5.000K FULL RANGE	9405.40.10	30	PC	1	983,7800	983,78	15,00	147,57	7,00	79,19	0,00