



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

EDUARDO DA SILVA MAIA

**ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICO-FINANCEIRA DO *RETROFIT* DO
SISTEMA DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA DO MUNICÍPIO DE POTIRETAMA/CE**

FORTALEZA

2018

EDUARDO DA SILVA MAIA

ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICO-FINANCEIRA DO *RETROFIT* DO SISTEMA DE
ILUMINAÇÃO PÚBLICA DO MUNICÍPIO DE POTIRETAMA/CE

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Graduação em Engenharia Elétrica do
Centro de Tecnologia da Universidade Federal
do Ceará, como requisito parcial à obtenção do
título de bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientador: Prof. Raphael Amaral da Câmara,
Dr.

Coorientador: Prof. Tomaz Nunes Cavalcante
Neto, MSc.

FORTALEZA

2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- M185a Maia, Eduardo da Silva.
Análise de viabilidade técnico-financeira do retrofit do sistema de iluminação pública do município de Potiretama/CE : Estudo de caso / Eduardo da Silva Maia. – 2018.
69 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Curso de Engenharia Elétrica, Fortaleza, 2018.
Orientação: Prof. Dr. Raphael Amaral da Câmara.
Coorientação: Prof. Me. Tomaz Nunes Cavalcante Neto.
1. viabilidade técnico-financeira. 2. retrofit. 3. iluminação pública (IP). 4. eficiência energética (EE).
5. Potiretama/CE. I. Título.

CDD 621.3

EDUARDO DA SILVA MAIA

ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICO-FINANCEIRA DO *RETROFIT* DO SISTEMA DE
ILUMINAÇÃO PÚBLICA DO MUNICÍPIO DE POTIRETAMA/CE

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Graduação em Engenharia Elétrica do
Centro de Tecnologia da Universidade Federal
do Ceará, como requisito parcial à obtenção do
título de bacharel em Engenharia Elétrica.

Aprovada em: 07/12/2018.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Raphael Amaral da Câmara, Dr. (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Tomaz Nunes Cavalcante Neto, MSc. (Coorientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Eng. Charles Martins Campelo (Agrônomo)
Prefeitura Municipal de Potiretama/CE

Dedico este trabalho à minha família, por acreditar e investir em mim, especialmente à minha mãe, fonte de inspiração. Dedico também aos meus amigos que, em maior ou menor grau, contribuíram para que eu chegasse até aqui.

AGRADECIMENTOS

A Deus, mente e força maiores do universo, pelo dom da vida.

Ao Prof. Raphael Amaral da Câmara, Dr., por orientar – com sugestões e esclarecimentos – a produção deste trabalho.

Ao Prof. Tomaz Nunes Cavalcante Neto, MSc., pelo conhecimento transmitido e pelas experiências profissionais proporcionadas ao longo do curso.

Ao Engenheiro Agrônomo Charlles Martins Campelo, secretário de Agricultura do município de Potiretama/CE, por aceitar fazer parte da banca examinadora.

À Prefeitura Municipal de Potiretama/CE, por ter cedido parte do material necessário às análises deste trabalho, em especial à Ana Cristina Araújo de Melo (Aninha).

Aos professores do Departamento de Engenharia Elétrica (DEE), pelo conhecimento transmitido, e à Adely Ribeiro Meira Corrêa (secretária), pela ajuda e bom humor de sempre.

Ao Programa de Conservação e Eficiência Energética (PROCEN), com o qual aprendi tudo o que sei sobre o assunto; à Dona Vera (zeladora), pelas boas conversas; ao Seu Chiquinho (chaveiro), pela colaboração; e à Universidade Federal do Ceará (UFC), pela acolhida e por me permitir conhecer novos mundos. Viva a Universidade Pública Gratuita e de Boa Qualidade!

Ao amigo Jairon Leal, do Alemão sem Fronteiras, e ao amigo Natan Lima, do Programa de Aprendizagem Cooperativa em Células Estudantis (PACCE), pelo companheirismo e ajuda. Ao mestre Hermany Vieira, também do PACCE, pelos ensinamentos de vida.

Aos meus amigos de jornada, que foram a minha família durante esse tempo: Everton Leite, Isabela Maciel, Nailza Bizerra, Wenderson Rebouças, Breno Chaves e Felipe Virgolino. Em especial aos amigos Celina Lima e Fábio Brandão, pelo incentivo, colaboração e amizade que não me deixaram desistir nos momentos de luta. A Celina é do tipo de pessoa prática cuja presença agrada e cujas ideias são sempre bem-vindas. O Fábio é o amigo para todas as ocasiões, que está ali sempre e para tudo que precisar. Foi sofrido, mas vocês fizeram essa empreitada valer a pena. Espero ter a amizade de vocês para a vida toda.

Aos meus pais, Cimar e Alzení, pelo amor, paciência e apoio dados a mim desde o momento em que resolvi sair de casa em busca dos meus anseios. Às minhas irmãs, Nobinha e Janaína, pelo carinho e incentivo de sempre. Ao meu irmão e à minha cunhada, Jânio e Suzana, pela orientação, pelo encorajamento e pela ajuda nessa batalha. Aos meus sobrinhos, João Victor, Marcos Antonio, Pedro Henrique, Monalisa e Vitória, pela alegria e vivacidade que me proporcionam. Vocês são a certeza de que não estou sozinho nessa jornada.

Muito obrigado!

“De tudo ficam três coisas: a certeza de que estamos começando, a certeza de que é preciso continuar e a certeza de que podemos ser interrompidos antes de terminar. Fazer da interrupção um novo caminho, da queda um passo de dança, do medo uma escola, do sonho uma ponte, da procura um encontro. E assim terá valido a pena.”

Fernando Sabino

RESUMO

Esta monografia traz um estudo de viabilidade técnico-financeira de modernização e efficientização energética (*retrofit*) das luminárias que compõem o sistema de iluminação pública (IP) do município de Potiretama/CE. Inicialmente são apresentados alguns conceitos técnicos referentes à IP, os principais equipamentos empregados nela e o sistema de tarifação usado pelas concessionárias de energia elétrica. Além disso são mostrados os cenários da eficiência energética (EE) no Brasil e no mundo e os principais programas brasileiros de incentivo à EE, especialmente aqueles voltados para gestão municipal e IP (GEM e RELUZ). Em seguida é feito um estudo de caso para levantar os potenciais de economia no consumo de energia elétrica e no valor pago mensalmente com IP. O trabalho tem por atividade-fim a substituição das luminárias convencionais (a vapor de sódio e a vapor de mercúrio) que tem vida mediana curta e maior consumo energético, por luminárias LED (*Light Emitting Diode*) que tem um tempo de vida útil média maior e são mais eficientes. A análise econômica foi feita com base em indicadores padrões de viabilidade de investimentos, como valor presente líquido (VPL), *Payback* descontado e taxa interna de retorno (TIR). Por fim este trabalho apresenta os resultados obtidos com as análises, que atestam a viabilidade de execução do projeto, e as conclusões do autor.

Palavras-chave: viabilidade técnico-financeira; *retrofit*; iluminação pública (IP); eficiência energética (EE); Potiretama/CE.

ABSTRACT

This work brings a technical-financial feasibility study of the luminaires' modernization (retrofit) that make up the public lighting (PL) system of Potiretama/CE city. Initially, it presents some technical concepts regarding IP, the main equipment used in it and the charging system used by the electric power concessionaires. In addition, it shows energy efficiency (EE) scenes in Brazil and in the world, as well as the main Brazilian EE incentive programs, especially those focused on municipal management and PL (GEM and RELUZ). Next, it makes a case study to raise the potentials of savings in electricity consumption and the amount paid monthly with public lighting. The work has as its final activity the replacement of conventional luminaires (sodium vapor and mercury vapor) which has a short lifetime and greater energy consumption by light emitting diode (LED) luminaires that have a longer lifetime and are more efficient. The economic analysis made in this work bases its results on standard indicators of investment feasibility, such as Net Present Value (NPV), Discounted Payback (DP) and Internal Rate of Return (IRR). Finally, this paper presents the results obtained with the analysis, which confirm the feasibility of project execution, and the author's conclusions.

Keywords: technical-financial feasibility; retrofit; public lighting (PL); energy efficiency (EE); Potiretama-CE.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	–	Diferença entre fluxo luminoso, iluminância, intensidade luminosa e luminância	21
Figura 2	–	Comparativo entre duas fontes luminosas com diferentes IRCs	23
Figura 3	–	Lâmpada incandescente	24
Figura 4	–	Lâmpada de vapor de mercúrio de alta pressão	25
Figura 5	–	Modelos tubulares de lâmpadas a vapor de sódio	26
Figura 6	–	Reator externo para lâmpada a vapor de mercúrio de 250 W	28
Figura 7	–	Exemplos de modelos de relés fotoelétricos	30
Figura 8	–	Representação do aumento do nível de eficiência luminosa, da esquerda para a direita	30
Figura 9	–	Localização de Potiretama na geografia do Ceará	43
Figura 10	–	Linhas isográficas da distribuição de iluminâncias nos sistemas atual (a) e proposto (b)	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	– Ambiente com iluminação com diferentes temperaturas de cor	22
Tabela 2	– Comparativo entre os tipos de lâmpada	27
Tabela 3	– Quantidade e participação por tipo de lâmpada na iluminação pública no Brasil	38
Tabela 4	– Lâmpadas que compõem o atual sistema de iluminação pública municipal ..	44
Tabela 5	– Requisito de luminância e uniformidade	46
Tabela 6	– Iluminância média mínima e uniformidade para cada classe de iluminação ..	46
Tabela 7	– Iluminância média e fator de uniformidade mínimo para cada classe de iluminação	46
Tabela 8	– Síntese das lâmpadas dos sistemas atual e proposto	48
Tabela 9	– Detalhamento do consumo de energia pelo atual sistema de IP municipal	49
Tabela 10	– Detalhamento do consumo de energia pelo novo sistema proposto	50
Tabela 11	– Detalhamento da economia no consumo anual de energia	50
Tabela 12	– Custo de obtenção das luminárias	52
Tabela 13	– Orçamentos de implantação do projeto	54
Tabela 14	– Faturamento de energia elétrica dos dois sistemas de IP	55
Tabela 15	– Fluxo de caixa do primeiro ano de investimento	56
Tabela 16	– Valor presente líquidos das duas versões do projeto	58
Tabela 17	– Valores de <i>Payback</i> descontado para as duas versões do projeto	59
Tabela 18	– Valores de TIR para as duas modalidades do projeto	61

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
CIP	Contribuição para Custeio do Serviço de Iluminação Pública
EE	Eficiência Energética
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
FP	Fator de Potência
FUNCEME	Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos
IAC	Importe por Agrupamento de Contas
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDHM	Índice de Desenvolvimento Humano Municipal
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
IRC	Índice de Reprodução de Cor
IP	Iluminação Pública
IPECE	Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará
LED	<i>Light Emitting Diode</i>
MDIC	Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços
MME	Ministério de Minas e Energia
NBR	Norma Brasileira Regulamentar
PBE	Programa Brasileiro de Etiquetagem
PEE	Programa de Eficiência Energética
PIB	Produto Interno Bruto
PMP	Prefeitura Municipal de Potiretama/CE
PNE	Plano Nacional de Energia
PNEf	Plano Nacional de Eficiência Energética
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
QIP	Quadro de Iluminação Pública
REN	Resolução Normativa
SELIC	Sistema Especial de Liquidação e Custódia
TCC	Temperatura de Cor Correlata
TIR	Taxa Interna de Retorno
VPL	Valor Presente Líquido

LISTA DE SÍMBOLOS

\$	Unidade Monetária
%	Porcentagem
φ	Fluxo Luminoso
η	Eficiência Luminosa

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	Justificativa	16
1.2	Objetivos	16
1.3	Metodologia	17
1.4	Estrutura do trabalho	17
2	NOÇÕES E REGULAÇÃO DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA	18
2.1	Histórico da IP	18
2.2	Conceitos técnicos	19
2.2.1	<i>Fluxo luminoso (ϕ)</i>	19
2.2.2	<i>Iluminância (E)</i>	20
2.2.3	<i>Intensidade luminosa (I)</i>	20
2.2.4	<i>Luminância (L)</i>	20
2.2.5	<i>Eficiência luminosa (η)</i>	21
2.2.6	<i>Fator de potência (FP)</i>	21
2.2.7	<i>Temperatura de cor correlata (TCC)</i>	22
2.2.8	<i>Índice de reprodução de cor (IRC)</i>	23
2.3	Tecnologias disponíveis	23
2.3.1	<i>Lâmpada incandescente convencional</i>	23
2.3.2	<i>Lâmpada fluorescente de indução magnética</i>	24
2.3.3	<i>Lâmpada a vapor de mercúrio em alta pressão</i>	24
2.3.4	<i>Lâmpada a vapor de sódio em alta pressão</i>	25
2.3.5	<i>Lâmpada a multivapores metálicos</i>	26
2.3.6	<i>Lâmpada a base de diodo emissor de luz (LED)</i>	26
2.3.7	<i>Reatores</i>	27
2.3.7.1	<i>Reator eletromagnético</i>	28
2.3.7.2	<i>Reator eletrônico</i>	28
2.3.8	<i>Driver</i>	29
2.3.9	<i>Relé fotoelétrico</i>	29
2.3.10	<i>Luminárias</i>	30
2.4	Normatização e regulação	31
2.4.1	<i>NBR 5101:2018: Iluminação pública – Procedimentos (ABNT)</i>	31
2.4.2	<i>NT-007/2015 R-06: Fornecimento de energia elétrica para IP (ENEL)</i>	31
2.4.3	<i>Resolução Normativa 414:2010 (ANEEL)</i>	32
2.4.3.1	<i>Tarifação da IP</i>	32
2.5	Custeio	32

3	NOÇÕES E POLÍTICAS DE FICIÊNCIA ENERGÉTICA	34
3.1	Definições gerais e contextualização	34
<i>3.1.1</i>	<i>Ações de eficiência energética no mundo</i>	35
<i>3.1.2</i>	<i>Ações de eficiência energética no Brasil</i>	36
3.2	Programas de EE no Brasil	36
<i>3.2.1</i>	<i>Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE)</i>	36
<i>3.2.2</i>	<i>Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL)</i>	37
<i>3.2.2.1</i>	<i>Iluminação Pública e Sinalização Semafórica Eficientes (RELUZ)</i>	37
<i>3.2.2.2</i>	<i>Gestão Energética Municipal (GEM)</i>	38
<i>3.2.3</i>	<i>Programa de Eficiência Energética (PEE)</i>	39
<i>3.2.4</i>	<i>Lei de Eficiência Energética (10.295/2001)</i>	40
<i>3.2.5</i>	<i>Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO)</i>	40
3.3	Benefícios da eficiência energética	40
4	PROJETO DE RETROFIT DA IP DE POTIRETAMA/CE	42
4.1	Perfil municipal	42
<i>4.1.1</i>	<i>Geografia</i>	42
<i>4.1.2</i>	<i>População e economia</i>	43
4.2	Panorama da iluminação pública municipal	43
4.3	O sistema de iluminação pública proposto	45
<i>4.3.1</i>	<i>Requisitos adotados</i>	45
<i>4.3.2</i>	<i>Proposta de projeto</i>	47
4.4	Análise financeira	51
<i>4.4.1</i>	<i>Custo com aquisição das novas luminárias</i>	52
<i>4.4.2</i>	<i>Custos com manutenção</i>	53
<i>4.4.3</i>	<i>Métodos de análise de investimento</i>	54
<i>4.4.3.1</i>	<i>Valor presente líquido (VPL)</i>	57
<i>4.4.3.2</i>	<i>Payback descontado</i>	59
<i>4.4.3.3</i>	<i>Taxa interna de retorno (TIR)</i>	60
5	CONCLUSÃO	63
	Sugestões de Trabalhos Futuros	64
	REFERÊNCIAS	65
	ANEXO A – MATERIAL DA IP DE POTIRETAMA/CE (06/2018)	68

1 INTRODUÇÃO

Nos atuais parâmetros de modernidade, o desenvolvimento socioeconômico de um país envolve a interação de seus cidadãos com as chamadas novas tecnologias. Essas tecnologias – muito além de utensílios eletrodomésticos e eletrônicos, como televisores, computadores e *smartphones* – compreendem a possibilidade de acesso a tratamentos de saúde sofisticados, a meio de transporte mais seguros e velozes, a produtos que, ao serem descartados, agridam cada vez menos o meio ambiente, a sistemas de segurança mais inteligentes e menos invasivos, entre vários outros benefícios. A disponibilização de todos esses bens e serviços à população faz crescer cada vez mais a dependência de energia, em especial na forma elétrica.

Um outro fato que põe em cheque a questão energética no desenvolvimento das sociedades é o crescimento das populações urbanas. Em 2010, as cidades abrigavam cerca de 50 % da população mundial, às quais correspondia aproximadamente 75 % do consumo energético e 80 % das emissões de carbono no mundo (O ELETRICISTA, 2016, p. 6). Nesse contexto, buscar formas de melhorar o consumo de energia elétrica, tornando-o mais eficiente, tem se caracterizado como um desafio moderno a todos os países do mundo.

O Brasil possui uma matriz energética cada vez mais diversificada, devido à variedade de recursos naturais que possui (EPE, 2018). Essa diversificação, no entanto – por si só –, não dá conta do consumo de energia elétrica crescente pelo qual vem passando o país. Existe, portanto, uma necessidade global eminente de se utilizar a energia elétrica disponível de forma mais eficiente.

Atenta a esse cenário e na tentativa de postergar investimentos mais onerosos em novas fontes de geração de energia, a Empresa de Pesquisa Energética (EPE) tem incluído, nos últimos anos, ações que contemplam o uso eficiente de energia elétrica no plano energético nacional. O Governo Federal, por meio da Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL) – coordenado pelo Ministério de Minas e Energia (MME) e executado pela Eletrobras –, tem lançado alguns programas de incentivo ao uso eficiente e de combate ao desperdício de energia elétrica, como o Programa Nacional de Iluminação Pública e Sinalização Semafórica Eficientes (RELUZ), que promove troca das luminárias convencionais de iluminação pública por luminárias mais eficientes, melhorando a qualidade de vida da população e reduzindo o consumo e os custos com eletricidade.

O foco deste trabalho é a realização de uma atividade-fim semelhante à do Programa RELUZ: substituição de luminárias convencionais de IP por luminárias mais eficientes do ponto de vista do consumo de energia elétrica, que, nesse caso, serão as luminárias LED, aliada às

análises dos retornos técnico e financeiro que sua implantação pode trazer ao município de Potiretama/CE.

1.1 Justificativa

As medidas que têm por objetivo o uso racional e eficiente de energia elétrica geralmente apresentam custo de implantação e tempo de retorno de investimento pequenos, quando comparados, de forma integral, com outras formas de provimento de energia. Isso significa, por exemplo, que o preço da economia de 1 KW de energia elétrica é menos oneroso que o preço de um novo 1 KW gerado (COSTA, 2006).

Apesar de figurar no cenário da engenharia como uma solução muito eficaz na redução dos custos com eletricidade, a eficiência energética ainda encontra muitas dificuldades à sua disseminação, seja pela falta de conhecimento e conscientização da população ou pelo valor ainda elevado de equipamentos mais eficientes.

A motivação para produção deste trabalho vem da discordância – fundamentada teoricamente neste trabalho – em relação ao senso comum de que não vale a pena investir em projetos de eficiência energética, além da possibilidade de melhoria da qualidade de vida da população beneficiada e de redução dos custos com a energia elétrica usada no sistema de IP do município de Potiretama/CE.

1.2 Objetivos

Este trabalho tem por objetivos:

- Apresentar e contextualizar os conceitos de iluminação pública e eficiência energética;
- Fazer uma análise técnica detalhada da situação do atual sistema de iluminação pública do município de Potiretama/CE;
- Propor um novo sistema de IP que contemple o uso de luminárias com maiores índices de eficiência energética;
- Estimar o investimento financeiro necessário e analisar a viabilidade da implementação das mudanças propostas.

1.3 Metodologia

Inicialmente será feita uma análise quantitativa do Quadro de Iluminação Pública (QIP), da fatura de energia elétrica e da Relação de Faturamento da IP do município referentes ao mês de junho de 2018 – disponibilizadas pela administração municipal e presentes no Anexo A deste trabalho – para caracterizar o sistema de IP atual. Em seguida será proposto um novo sistema que contempla o uso de luminárias mais eficientes e que atende às diretrizes sugeridas pela norma ABNT NBR 5101:2018 de procedimentos para iluminação pública.

Posteriormente será feito um levantamento de critérios normativos referentes ao dimensionamento de sistemas de IP e de classificação técnica de equipamentos de iluminação visando a escolha de luminárias com consumo eficiente de energia elétrica.

Em posse das informações referentes a esses dois cenários será feito o estudo de viabilidade técnica e será estimado o potencial de economia no consumo de energia elétrica com iluminação pública. Posteriormente será feita uma pesquisa de mercado, por meio do envio de solicitações de orçamentos às lojas especializadas em IP, para estimar o preço médio das luminárias a serem usadas no novo sistema e orçar duas versões do projeto de *retrofit*: com e sem contratação de mão de obra terceirizada.

Por fim será feito um estudo de viabilidade financeira da execução de ambas as modalidades do projeto proposto de IP com o auxílio de alguns métodos de avaliação de investimentos, como Valor Presente Líquido (VPL), *Payback* descontado e Taxa Interna de Retorno (TIR).

1.4 Estrutura do trabalho

O texto dessa monografia está dividido em cinco capítulos acrescidos de elementos pré e pós-textuais. Além do capítulo introdutório (Capítulo 1), o trabalho apresenta o desenvolvimento do tema abordado e as conclusões do autor, que são divididos da seguinte forma:

- Capítulo 2: Apresenta conceitos e os mecanismos de regulação da Iluminação Pública;
- Capítulo 3: Expõe noções e políticas referentes à Eficiência Energética;
- Capítulo 4: Faz um estudo de caso, no qual analisa a situação atual, propõe um novo sistema de IP do município de Potiretama/CE, baseadas em indicadores econômicos;
- Capítulo 5: Apresenta as conclusões do autor.

2 NOÇÕES E REGULAÇÃO DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA

A iluminação pública tem um papel fundamental no desenvolvimento de uma sociedade. Além de possibilitar a ocupação de espaços públicos, ela está diretamente relacionada com a melhoria da qualidade de vida da população, com a construção da imagem de uma cidade e com o incremento do comércio e do turismo. Este capítulo tem a função de apresentar aspectos históricos da iluminação pública, além de mostrar alguns conceitos técnicos referentes à luminotécnica, exibir as principais luminárias e componentes usados, abordar aspectos normativos e legais, e expor a forma de tarifação e custeio da IP.

2.1 Histórico da IP

Há indícios científicos que sugerem que os povos antigos já usavam iluminação artificial a base de óleos de origem animal e vegetal. A iluminação pública tem sua provável origem documentada na Inglaterra no ano de 1415, quando foram instaladas lâmpadas em áreas de comércio para combater a criminalidade noturna (O SETOR ELÉTRICO, 2009, p. 30). Com o passar do tempo, a iluminação de áreas públicas deixou de ser uma ação individual – pela instalação de lampiões nas fachadas das casas e lojas – e passou a ser de responsabilidade de órgãos especializados em parceria com os governos locais.

No Brasil, os primeiros registros de IP datam do século XVIII, no ano de 1794, quando foram instaladas cerca de 100 luminárias a óleo de azeite em postes da cidade do Rio de Janeiro. Em 1874, na cidade de Porto Alegre, a inauguração da usina do gasômetro possibilitou a instalação de postes de IP a gás. Treze anos mais tarde uma usina elétrica começa a operar na cidade e é criado o primeiro serviço municipal de iluminação elétrica no país.

A evolução das luminárias é reflexo direto da evolução da fonte energética que as alimenta. Até o século XVIII, óleos de origem vegetal, mineral e animal, como o de baleia, eram comumente usados em sistemas de iluminação ao redor do mundo. No século XIX, como reflexo da revolução industrial e da descoberta dos combustíveis fósseis, é a vez das lâmpadas a querosene e a gás ganharem notoriedade. A partir do século XX, com a expansão mundial dos sistemas de geração de energia elétrica, como usinas hidrelétricas e termelétricas, a eletricidade tornou-se o principal suprimento das luminárias de IP (conhecidas inicialmente como luminárias a arco voltaico) promovendo uma verdadeira revolução no setor (SILVA, 2006).

A primeira luminária elétrica foi a vela de Jablochhoff, inventada pelo russo Paul Jablochhoff em 1876 e apresentada ao público francês em 1878, que apresentava condições de

uso muito restritas. Em 1879 Thomas Edison inventa a lâmpada com filamento incandescente, que apresenta vida útil bem maior em relação às anteriores e que dominou o setor durante mais de 50 anos. Por volta do ano de 1930 as do tipo vapor de mercúrio, descobertas por Cooper-Hewitt, começaram a ser comercializadas. Já em 1940 aparecem as fluorescentes que até hoje são utilizadas, especialmente em ambientes internos. Na década de 60 é a vez das de vapor de sódio começarem a serem utilizadas em IP, assim como as de multivapores metálicos (SILVA, 2006). Por volta dos anos 90 surgem as primeiras luminárias a base de LED, mais eficientes e com maior tempo de vida útil do que qualquer outro modelo. Além desses, outros modelos menos conhecidos de luminárias para IP também foram desenvolvidos nas últimas décadas, como a indução e de luz mista.

Manter as vias públicas bem iluminadas à noite ou em períodos do dia nos quais há pouca iluminação natural tem sido uma preocupação recorrente pelo menos nos últimos 300 anos. Se inicialmente a iluminação pública tinha apenas a função de proteger a população contra a prática de crimes, nas últimas décadas ela tem ganhado também os papéis estético e comunicativo ressaltando a beleza de ambientes externos, proporcionando conforto e moldando a forma de interação de seus usuários com o meio.

2.2 Conceitos técnicos

A iluminação pública pode ser conceituada de diversas formas, desde a perspectiva técnica mais simples até a do seu usuário final. A norma NBR 5101:2018 define a IP, de forma simplificada, como “serviço que tem por objetivo prover de luz, ou claridade artificial, os logradouros públicos no período noturno ou nos escurecimentos diurnos ocasionais, inclusive aqueles que necessitam de iluminação permanente no período diurno”.

Para estimar um padrão ideal de iluminação pública para cada ambiente, conforme o seu perfil de uso, é preciso conhecer um pouco sobre os principais conceitos de luminotécnica usados nessas análises.

2.2.1 Fluxo luminoso (φ)

O fluxo luminoso pode ser compreendido como a quantidade total de luz ou potência de radiação produzida por uma fonte luminosa e emitida igualmente em todas as direções, por segundo. Sua unidade é o *lúmen* (lm).

2.2.2 Iluminância (E)

A iluminância (ou o iluminamento) de uma superfície é definida como o fluxo luminoso incidente sobre uma unidade de área dessa superfície. Ela pode ser medida por um instrumento eletrônico simples e muito conhecido por quem trabalha com diagnósticos energéticos, o luxímetro. A medida de iluminância deve ser feita na altura do plano de trabalho, que pode variar entre 80 cm e 1,0 m, conforme o padrão de uso do local. A sua unidade é o *lux* (lx) e seu valor pode ser encontrado pela Equação 1.

$$E = \frac{\varphi}{A} \quad (1)$$

Na qual: φ é o fluxo luminoso (lm);
 A é a área da superfície (m²).

2.2.3 Intensidade luminosa (I)

A intensidade luminosa é definida como a concentração de luz irradiada ou valor de energia radiante emitida em determinada direção, por segundo. Sua unidade é a candela (cd).

2.2.4 Luminância (L)




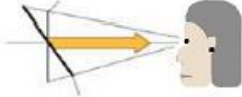
A luminância é definida como a intensidade luminosa por unidade de área. Ela está diretamente relacionada à luminosidade percebida por um observador, ou seja, à luz refletida por uma superfície que chega aos olhos humanos. Sua unidade é a candela por metro quadrado (cd/m²) e ela pode ser encontrada pela Equação 2.

$$L = \frac{I}{A} \quad (2)$$

Na qual: I é a intensidade luminosa (cd);
 A é a área da superfície (m²).

A Figura 1 mostra, com imagens, a diferença entre as quatro grandezas apresentadas acima.

Figura 1 – Diferença entre fluxo luminoso, iluminância, intensidade luminosa e luminância.

	
Fluxo Luminoso (lm)	Intensidade Luminosa (cd)
	
Iluminância (lx=lm/m²)	Luminância (cd/m²)

Fonte: Adaptada de PRÄKEL (2015).

2.2.5 Eficiência luminosa (η)

A eficiência luminosa corresponde à razão entre o fluxo luminoso total emitido por uma determinada fonte e a potência dessa fonte. Em outras palavras, ela diz quão eficiente uma luminária é em converter a energia elétrica que consome em luz. Sua unidade é o *lúmen* por Watt (lm/W) e ela pode ser calculada pela Equação 3.

$$\eta = \frac{\varphi}{P} \quad (3)$$

Na qual: φ é o fluxo luminoso (lm);
P é a potência ativa (W).

2.2.6 Fator de potência (FP)

O fator de potência é definido pela razão entre a potência ativa (P), dada em Watt (W), e a potência aparente (S), dada em Volt-Ampère (VA), de um determinado circuito ou equipamento elétrico. O resultado é um número adimensional entre zero e um. Quanto mais próximo da unidade, mais eficiente será o consumo de energia. São considerados eficientes os

dispositivos ou sistemas com valores de FP iguais ou superiores a 0,92. Ele pode ser calculado pela Equação 4.

$$FP = \frac{P}{S} \quad (4)$$

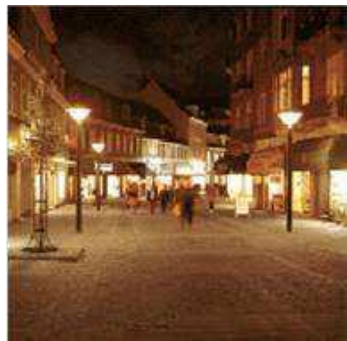


Na qual: P é a potência ativa (W);
S é a potência aparente (VA).

2.2.7 Temperatura de cor correlata (TCC)

A temperatura de cor correlata indica a cor aparente da luz emitida por uma fonte luminosa, medida em Kelvin (K). Quanto mais alto for o valor da temperatura de cor, mais branca será a luz emitida. Luzes com TCC fria estimulam o cérebro humano deixando o indivíduo mais atento reduzindo, conseqüentemente, a possibilidade de ele se envolver em acidentes. As luminárias convencionais podem variar a sua temperatura de cor entre 2000 K (muito quente) e 10000 K (muito fria).

A Tabela 1 mostra a diferença de TCCs.

Tabela 1 – Ambiente com iluminação com diferentes temperaturas de cor.

TCC (K)	< 3300	$3300 \leq TCC < 5000$	≥ 5000
Classificação	Quente	Intermediária	Fria
Tonalidade	Branco quente (alaranjado) 	Branco neutro (branco) 	Branco frio (azulado) 

Fonte: Adaptada de COPEL (2012).

2.2.8 Índice de reprodução de cor (IRC)

O índice de reprodução de cor de uma fonte luminosa pode ser compreendido como o valor de correspondência, em percentual, entre a cor real de um objeto e sua aparência diante de uma determinada fonte luminosa (PROCEL, 2002). Uma luz artificial com bom IRC deve possibilitar a reprodução de cores da forma mais próxima possível da luz natural (sol).

A Figura 2 apresenta dois sistemas de iluminação, o primeiro com bom IRC e o segundo com IRC ruim.

Figura 2 – Comparativo entre duas fontes luminosas com bom IRC (a) e IRC ruim (b).



Fonte: COPEL (2012).

2.3 Tecnologias disponíveis

Desde o início do uso da eletricidade para alimentação de sistemas de iluminação pública houve muitas mudanças nas tecnologias empregadas, especialmente no que diz respeito à evolução das lâmpadas. Essa seção tem a função de apresentar as principais fontes luminosas – desde as lâmpadas incandescentes até as de LED –, os equipamentos auxiliares de acendimento (reatores e *driver*) e o principal dispositivo de comando (relé fotoelétrico).

2.3.1 Lâmpada incandescente convencional

De todas as lâmpadas utilizadas em sistemas de iluminação artificial, a incandescente é provavelmente a mais conhecida. Ela produz luz a partir da passagem de corrente elétrica por um filamento, geralmente fabricado de tungstênio, que aquece emitindo uma luz de cor normalmente amarelada. Esse pequeno circuito é montado dentro de um bulbo com gases inertes para postergar a queima do filamento.

Por serem lâmpadas com baixos níveis de eficiência energética e luminosa, o Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços (MDIC) decidiu proibir gradativamente a fabricação e comercialização das lâmpadas incandescentes no Brasil. Desde 2012 as lâmpadas de maior potência vêm sendo retiradas de circulação, sendo os últimos modelos fabricados e comercializados no dia 30 de junho de 2016.

A Figura 3 apresenta um modelo convencional de lâmpada incandescente.

Figura 3 – Lâmpada incandescente.



Fonte: COPEL (2012).

2.3.2 Lâmpada fluorescente de indução magnética

Esse tipo de lâmpada tem como princípio básico de funcionamento a aplicação de campos magnéticos externos oscilantes de alta frequência (250 kHz) para excitação do mercúrio e dos gases nobres em seu interior. Ela tem um tempo de vida útil de aproximadamente 60000 horas, o que favorece seu uso em áreas de difícil acesso, como túneis, contudo possuem alto valor comercial e baixos valores de potência, o que dificulta seu uso na iluminação pública.

2.3.3 Lâmpada a vapor de mercúrio em alta pressão

Essa categoria de lâmpada, até hoje muito utilizada em iluminação pública, é mais eficiente e tem maior durabilidade que a lâmpada incandescente e emite luz através da excitação de gases causada por corrente elétrica.

Para ser acionada é necessário que haja a ionização de gás inerte, geralmente o argônio, que aquece o bulbo e faz evaporar o mercúrio produzindo uma luz amarelada pela migração de elétrons. Em seguida o mercúrio é ionizado e as colisões entre seus elétrons livres e o argônio

produzem uma luz azulada. A luz emitida pela lâmpada é o resultado da mistura dessas duas cores. Por apresentar alta condutância após a partida é necessário o uso de reator para limitar a corrente de alimentação.

A Figura 4 apresenta um exemplar dessa lâmpada.

Figura 4 – Lâmpada de vapor de mercúrio de alta pressão.



Fonte: COPEL (2012).

2.3.4 Lâmpada a vapor de sódio em alta pressão

Essa lâmpada possui um princípio de funcionamento muito similar ao da lâmpada de vapor de mercúrio sendo a principal diferença a adição de sódio na sua composição. O sódio faz com que a partida da lâmpada ocorra mediante um pico de tensão (da ordem de kV) com duração de alguns microssegundos.

A lâmpada a vapor de sódio é uma das mais eficientes do mercado e é amplamente utilizada em sistemas de IP. O que ainda inviabiliza seu uso, contudo, é o baixo índice de reprodução de cor que essa apresenta e a cor amarelada da luz que emite.

A Figura 5 apresenta alguns modelos mais comuns dessa lâmpada.

Figura 5 – Modelos tubulares de lâmpadas a vapor de sódio.



Fonte: COPEL (2012).

2.3.5 Lâmpada a multivapores metálicos

Esse tipo de lâmpada é uma evolução da tecnologia empregada na lâmpada a vapor de mercúrio, embora seja fisicamente semelhante à de vapor de sódio. O princípio de funcionamento é o mesmo, contudo são adicionados iodetos metálicos à sua composição resultando em uma fonte luminosa mais eficiente e com melhor IRC. Por emitir uma luz muito brilhante, essa lâmpada é usada em locais onde se busca o embelezamento urbano.

2.3.6 Lâmpada a base de diodo emissor de luz (LED)

De todas as luminárias utilizadas em iluminação pública, a LED provavelmente é a que tem evoluído mais nos últimos anos. Com uma tecnologia de acionamento diferente das demais lâmpadas, o LED é um dispositivo eletrônico composto por materiais semicondutores que produzem luz visível quando energizados com polaridade correta. Eles operam em baixas tensão e corrente, por isso não podem ser ligados diretamente à rede de energia elétrica. Para evitar a queima por oscilações de corrente e garantir uma vida duradoura ao LED é preciso que seja acoplado a ele um equipamento eletrônico limitador de corrente, o *driver*, que será apresentado nas próximas subseções.

As lâmpadas LED, além de apresentarem uma economia de energia considerável em relação às outras lâmpadas, têm uma vida útil elevada (pelo menos 50000 h), alta eficiência luminosa (pelo menos 80 lm/W), elevado IRC (maiores que 70 %), grande variedade de temperaturas de cor (de branco quente a branco frio) e resistência a vibrações.

A Tabela 2 apresenta um comparativo entre as principais lâmpadas usadas na iluminação pública.

Tabela 2 – Comparativo entre os tipos de lâmpada.

Tecnologia	Temperatura de cor (K)	IRC (%)	Eficiência luminosa (lm/W)	Vida mediana (h)
Incandescente	2700	100	10 – 20	1000
Vapor de mercúrio	3000 – 4000	40 – 55	45 – 58	9000 – 15000
Vapor de sódio	2000	22	80 – 150	18000 – 32000
Vapor metálico	3000 – 6000	65 – 85	65 – 90	8000 – 12000
Indução	4000	80 – 90	80 – 110	60000
LED	3500 – 6500	70 – 90	70 – 160	50000 – 100000

Fonte: Adaptada de COPEL (2012), MME (2018) e Eletrobras (2017).

A Tabela apresenta valores de eficiência luminosa elevados e semelhantes para as lâmpadas a vapor de sódio e de LED que podem resultar em dúvidas quanto à viabilidade de uso dessa última tecnologia. Se comparados os IRCs desses equipamentos, a lâmpada a vapor de sódio possui o pior entre todos os modelos, o que faz dela uma escolha ruim para embelezamento de ambientes. Além disso, um outro aspecto negativo desse tipo de fonte luminosa é a necessidade de descarte adequado. Por serem compostas por quantidades consideráveis de metais pesados (mercúrio), as lâmpadas a vapor de sódio, assim como as lâmpadas a vapores metálicos e mistas, não podem ser descartadas em depósitos de lixo comum. O destino final desses equipamentos podem ser usinas de reciclagem, tratamento ou disposição final em aterros sanitários apropriados (Eletrobras, 2017). Um terceiro ponto muito importante que põe essas lâmpadas em desvantagem é o ofuscamento visual noturno causado pela luz emitida por ela. Esse fator pode aumentar o risco de acidentes de trânsito envolvendo veículos e pessoas em vias urbanas e reduzir, conseqüentemente, a sensação de segurança entre os frequentadores do ambiente.

2.3.7 Reatores

Os reatores, assim como o *driver*, são equipamentos que auxiliam no acionamento e controle de lâmpadas e seu uso está associado às lâmpadas de descarga que produzem luz a partir da excitação de gases. Inicialmente esse tipo de lâmpada é vista pela rede elétrica como um circuito aberto, com altíssima impedância de partida. Nas lâmpadas a vapor de mercúrio existem eletrodos que ajudam a vencer a alta impedância, enquanto nas lâmpadas a vapor de sódio, devido à necessidade de elevação inicial da tensão, isso é feito por meio de componentes

conhecidos como ignitores. Após a ionização dos gases, contudo, a impedância atinge valores muito baixos, equivalentes a um curto-circuito. Nesse ponto o reator atua, de modo a limitar a corrente de alimentação da lâmpada, impedindo que ela queime. Existem dois tipos de reator, os eletromagnéticos e os eletrônicos, que possuem princípios de funcionamento distintos.

2.3.7.1 Reator eletromagnético

Os reatores eletromagnéticos (ou magnéticos) são equipamentos dimensionados para trabalharem na frequência da rede elétrica (60 Hz) e podem ser usados em ambientes internos e externos. Os externos geralmente são equipados com conectores que possibilitam o acoplamento de relés fotoelétricos. Eles são normalmente compostos por um indutor, um ignitor e um capacitor para atuar na correção do fator de potência. De modo geral, esse tipo de reator leva um tempo um pouco maior que o reator eletrônico para acionar as lâmpadas, além de apresentar um rendimento geralmente menor, o que aumenta o consumo de energia da luminária. Esse tipo de reator tem se tornado cada vez menos comum no mercado da iluminação, especialmente após a introdução e popularização dos reatores eletrônicos, tornando-se, aos poucos, obsoleto.

A Figura 6 apresenta um modelo de reator de uso externo.

Figura 6 – Reator externo para lâmpada a vapor de mercúrio de 250 W.



Fonte: COPEL (2012).

2.3.7.2 Reator eletrônico

Os reatores eletrônicos são compostos basicamente por fontes chaveadas em alta frequência, na casa dos kHz, que limitam a passagem de corrente para a lâmpada.

Diferentemente dos reatores eletromagnéticos, essa classe não necessita de ignitores e de grandes capacitores para correção do FP. Outro aspecto vantajoso é o controle de outros parâmetros elétricos da lâmpada, conferindo a ela maior vida útil e maior rendimento ao conjunto (COPEL, 2012).

2.3.8 Driver

O *driver* é um equipamento eletrônico simples que possui um comportamento semelhante ao de uma resistência, cuja principal função é limitar a passagem de corrente para o LED. Sem ele qualquer oscilação de tensão de alimentação na entrada do circuito poderia gerar oscilações de corrente consideráveis e queimar o LED. Ele é, portanto, um dispositivo fundamental à longevidade desse tipo de lâmpada, além de ajudar no seu acionamento. Por ser um equipamento de baixíssimo consumo de energia elétrica, o seu valor de potência já vem normalmente incluso na potência total de uma luminária desse tipo.

2.3.9 Relé fotoelétrico

Existem diversos equipamentos capazes de comutar cargas elétricas automaticamente, tendo como critério de referência um horário pré-definido, um movimento ou nível de iluminância. Esses últimos, pela praticidade de uso que apresentam, são os principais utilizados na IP.

Os relés podem ter três princípios de funcionamento diferentes: térmico, pela deformação de lâminas bimetálicas; magnético, pela alternância das posições dos polos de uma chave eletromecânica através da força gerada por um campo magnético induzido pela corrente que flui em sua bobina; e eletrônico, pelo acionamento de chaves eletromecânicas cuja corrente de acionamento provém de circuitos eletrônicos que podem prover temporização, proteções de sobrecorrentes e sobretensões ou estresses na própria chave, conferindo maior durabilidade ao equipamento (COPEL, 2012).

Os relés com acionamentos magnéticos e eletrônicos são os mais utilizados atualmente em sistema de IP por conta do baixo custo e boa durabilidade.

A Figura 7 apresenta alguns modelos de relés fotoelétricos.

Figura 7 – Exemplos de modelos de relés fotoelétricos.



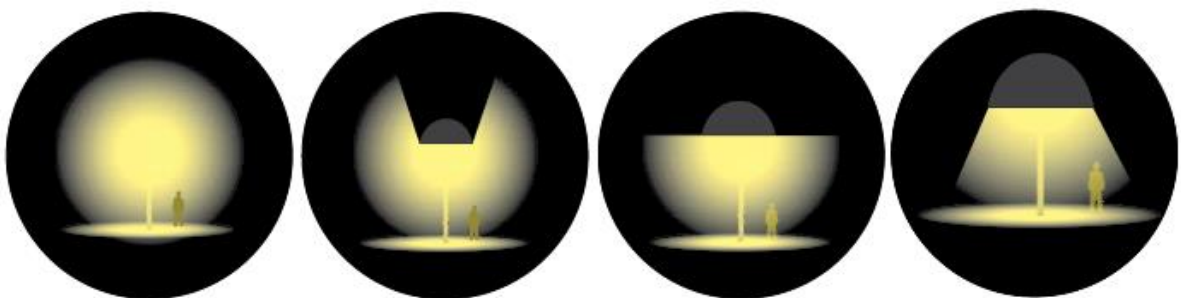
Fonte: COPEL (2012).

2.3.10 Luminárias

Um ponto que normalmente é desconsiderado em projetos de iluminação pública, mas que afetam diretamente o nível de iluminação das vias é a forma como as luminárias adotadas distribuem o fluxo luminoso produzido. A luminária ideal é aquela que direciona a maior parte do fluxo luminoso emitido pelas lâmpadas para iluminar apenas as áreas de interesse conferindo a elas maior eficiência luminosa e reduzindo, conseqüentemente, a poluição visual causada pela dispersão de luminosidade.

A Figura 8 apresenta uma seqüência de quatro cenários com luminárias com diferentes níveis de eficiência luminosa, nos quais a da ponta esquerda é a menos eficiente e a da ponta direita é a mais eficiente.

Figura 8 – Representação do aumento do nível de eficiência luminosa, da esquerda para a direita.



Fonte: COPEL (2012).

2.4 Normatização e regulação

No Brasil existem diversos documentos que orientam a elaboração de projetos de iluminação pública, tanto em relação aos procedimentos e equipamentos adotados, até a forma de fornecimento do insumo energético necessário ao funcionamento. Essa subseção tem por objetivo apresentar as normas e resoluções que regem a IP brasileira.

2.4.1 NBR 5101:2018: Iluminação pública – Procedimentos (ABNT)

Essa norma, elaborada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), estabelece os requisitos para iluminação de vias públicas, proporcionando segurança aos tráfegos de pedestres e de veículos. Será a partir dela que serão estimados os critérios técnicos aos quais o projeto de IP do município de Potiretama/CE deverá atender.

Além da NBR 5101:2018, que norteará a realização de parte deste trabalho, outras normas da ABNT podem ser consultadas para projetos de iluminação pública, tais como:

- NBR 15129: Luminárias para iluminação pública – Requisitos particulares;
- NBR 5461: Iluminação – Terminologia;
- NBR 10304: Luminária aberta para IP – lâmpada VM 80/125W e VS 50/70W;
- NBR 10672: Luminária para IP, fechada para lâmpada VM 250/400W;
- NBR-IEC 60598: Luminárias para iluminação pública – Requisitos particulares;
- NBR-IEC 662: Lâmpadas Vapor de Sódio Alta Pressão;
- NBR-IEC 188: Lâmpadas Vapor de Mercúrio Alta Pressão;
- NBR-IEC 1167: Lâmpadas Multi Vapor Metálico;
- NBR 13598: Reatores e Ignitores para Lâmpadas VSAP;
- NBR 5125: Reatores para Lâmpadas VMAP;
- NBR 5123: Relé Fotoelétrico;
- NBR 5181: Iluminação de Túneis.

2.4.2 NT-007/2015 R-06: Fornecimento de energia elétrica para IP (ENEL)

A Norma Técnica NT-007 da concessionária local de distribuição de energia elétrica (ENEL), que trata do fornecimento de energia elétrica para iluminação pública, está em sua sexta edição e foi publicada no ano de 2015. Ela apresenta orientações e recomendações aos projetistas e construtores quanto à elaboração do projeto, execução da obra, manutenção e

quanto ao uso correto dos equipamentos de iluminação pública, a fim de que seja adotada, em cada caso, a melhor solução técnica e econômica.

2.4.3 Resolução Normativa 414:2010 (ANEEL)

A Resolução Normativa 414:2010 da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) estabelece condições gerais de fornecimento de energia elétrica de forma atualizada e consolidada.

No que se refere à iluminação pública, a Resolução Normativa (REN) 414, estabelece em seu Artigo 21 que a elaboração, a implantação, expansão, operação e manutenção das instalações de IP são de responsabilidade do poder público municipal. A norma estabelece ainda a data de 01 de janeiro de 2014 como prazo máximo para que as prefeituras municipais assumissem a responsabilidade pela gestão da IP.

2.4.3.1 Tarifação da IP

O atual sistema de tarifação de IP adotado pela distribuidora local (ENEL) consiste tanto do modo convencional, pelo faturamento do valor de consumo de energia elétrica medido em determinado período, quanto pela na aplicação das tarifas de IP aos valores de consumo estimados no Quadro de Iluminação Pública (QIP) do município.

A Resolução Normativa 414 define que, para fins de faturamento de energia elétrica destinada à IP, o tempo a ser considerado para consumo diário deve ser de 11 horas e 52 minutos. Ela estabelece que a tarifa aplicável ao fornecimento de energia para iluminação pública deve ser a Tarifa B4a. A REN 414 determina, ainda, que o faturamento do consumo de equipamentos auxiliares de IP deve ser feito com base no que especifica a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), em dados do fabricante dos equipamentos ou em ensaios realizados em laboratórios credenciados pelo órgão.

2.5 Custeio

A iluminação pública dos municípios brasileiros, como define a REN 414, é de responsabilidade do poder público municipal. Algumas prefeituras, contudo, preferem não arcar sozinhas com o valor pago pelo consumo de energia elétrica da iluminação pública e decidem ratear essa conta com os demais consumidores do município, das diversas classes e categorias.

Esse rateio é feito por meio da cobrança da Contribuição para Custeio do Serviço de Iluminação Pública (CIP). O recolhimento desses valores deve ser instituído por meio de Leis Orgânicas, devidamente aprovadas pelo Poder Legislativo dos municípios, e informado à concessionária local de energia elétrica, que ficará encarregada da arrecadação dos valores por meio de cobranças mensais nas faturas de energia dos demais consumidores. Caso haja um saldo positivo entre os valores cobrado e arrecadado, a distribuidora deve repassar a diferença para a administração municipal, ou cobrá-la, caso essa diferença seja negativa.

No cenário jurídico contemporâneo existe um consenso de que a iluminação pública é um serviço essencial à população e que, por isso, deve ser custeada pelos impostos federais e estaduais já cobrados e não por uma nova contribuição. Há um número cada vez maior de contestações judiciais sendo feitas por parte dos contribuintes da CIP solicitando o ressarcimento dos valores pagos pelo período retroativo de até cinco anos.

3 NOÇÕES E POLÍTICAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Ao longo dos séculos um dos conceitos mais complexos e importantes que tem sido estudado é o de energia. A energia está presente em todos os fenômenos do universo, desde a excitação de um fóton até a criação do cosmos. Nas sociedades contemporâneas, as relações humanas têm uma dependência vital de energia, especialmente da forma elétrica, seja para o trabalho, transporte, indústria ou conforto.

Nos últimos anos, a energia elétrica tem ganhado destaque especial no comércio mundial por ser um insumo cujas projeções de consumo cresce constantemente. Essas projeções, aliadas à crise do petróleo surgida na década de 70 e às discussões ambientais iniciadas nos anos 90, trazem à tona a importância do consumo eficiente de energia para o futuro das sociedades, fato que tem motivado o surgimento de políticas voltadas para a eficiência energética (EE) nos cenários mundial e nacional.

Nesse capítulo serão mostrados os panoramas da EE no mundo, além das principais iniciativas governamentais e os órgãos de certificação brasileiros. Por fim será feita uma abordagem contextualizada da eficiência energética na iluminação pública.

3.1 Definições gerais e contextualização

Por eficiência energética compreende-se ações de diversas naturezas que culminam na redução da energia necessária para atender às demandas da sociedade por serviços de energia sob a forma de luz, calor/frio, acionamento, transporte e uso em processos (MME, 2011). Em síntese, ela tem como objetivo principal o atendimento às necessidades econômicas de uma nação usando a menor quantidade de energia primária (recursos naturais renováveis e não renováveis) possível, reduzindo, dessa forma, os impactos sobre o meio ambiente.

No setor elétrico brasileiro, o Plano Nacional de Energia (PNE) 2030, publicado em 2007 e elaborado pelo Ministério de Minas e Energia (MME), estima uma redução de demanda de 5 % com ações autônomas de EE, por iniciativa própria do mercado, e outros 5 % através do progresso induzido pelas ações do Plano Nacional de Eficiência Energética (PNEf).

De modo geral, as ações de EE visam a modificação ou aperfeiçoamento tecnológico dos processos produtivos, mas podem interferir também no comportamento da entidade por meio do melhoramento da organização, da conservação dos bens e da gestão dos insumos energéticos. As atividades que devem ser contempladas pelo plano de EE devem ser todas aquelas que, em termos finais, tenham um custo inferior ao necessário para suprir a energia elétrica poupada.

Pensando nessas oportunidades governos do mundo todo têm trabalhado em relação à elaboração de diretrizes que promovam a eficiência energética.

3.1.1 Ações de eficiência energética no mundo

Com a crise do petróleo iniciada nos anos 70, os países industrializados resolveram se unir na tentativa de garantir o suprimento energético necessário ao desenvolvimento, diminuindo, conseqüentemente, a dependência de produtos derivados do petróleo. Assim foi criada a Organização de Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE). Mais tarde, no final dos anos 80 e início dos anos 90, as variações climáticas mundiais causadas pela emissão de gases do efeito estufa, resultantes principalmente do uso desses combustíveis, levaram os líderes globais a se reunirem e firmarem compromissos de redução de emissão desses poluentes sendo o mais famoso o Protocolo de Kyoto assinado em 1997.

A preocupação acentuada com eficiência na cadeia energética começou nesse período, quando os países tiveram que manter o nível de produção industrial e de conforto proporcionado à população, sem prejudicar as metas de redução de poluição (RIBEIRO, 2005). Tomados por essa preocupação países como Estados Unidos, França, Canadá e Reino Unido têm ganhado destaque no desenvolvimento de programas de conservação de energia elétrica.

Nos últimos anos os Estados Unidos têm investido na implantação de programas de padronização e de etiquetagem de eficiência energética. Um exemplo disso é o programa de padronização de eletrodomésticos. Estima-se que, de 1999 a 2020, haja uma redução de até 9 % da emissão de carbono proveniente do programa adotado (VERAS, 2010). A França também obteve sucesso com seu programa de efficientização energética. Entre os anos de 1973 e 1989, após implantar uma legislação que priorizava o uso racional de energia no segmento imobiliário e da construção civil, houve uma redução de 42 % no total de energia elétrica empregada consumida pelo setor.

O governo do Canadá inaugurou o *Office of Energy Efficiency (OEE)* em 1998 com o objetivo de fortalecer o compromisso do país com EE. Durante esse tempo o OEE tem investido em medidas nos setores residencial e comercial, pela criação de normas da construção civil e estabelecimento de padrões mínimos de eficiência de eletrodomésticos e de iluminação, nos setores industrial, de transportes e em campanhas de conscientização e informação da população. De forma semelhante, o governo Britânico criou o *Energy Saving Trust (EST)* que tem sua atuação voltada principalmente para o setor residencial, mas também comercial, e prioriza também a redução das emissões de CO₂.

3.1.2 Ações de eficiência energética no Brasil

No Brasil ocorreu algo semelhante ao que ocorreu em outros países do mundo no final da década de 1980, mesmo que de forma um pouco tardia e menos acelerada. A crise do petróleo fez surgir programas de incentivo à substituição dos combustíveis fósseis e de efficientização do consumo de energia elétrica. Essas questões aliadas à preocupação ambiental impulsionaram os programas de EE e de energias renováveis no país.

A primeira ação brasileira de promoção da eficiência energética foi a criação do Programa CONSERVE, em 1981, vinculado ao Ministério da Indústria e Comércio (MIC). O programa – hoje instinto – visava a promoção da conservação energética na indústria, ao desenvolvimento de produtos e processos energeticamente mais eficientes, e estímulo à substituição de equipamentos importados por alternativas nacionais (RIBEIRO, 2005).

Na metade da década de 80 outra oscilação no ramo petrolífero causa reviravolta no setor energético. Dessa vez ocorre o desestímulo às medidas de eficiência energética por conta da queda dos preços dos derivados do petróleo. No início dos anos 90, contudo, o interesse por EE volta a crescer motivado pela necessidade de redução de investimentos em empreendimentos robustos de geração de energia que foi causada pela grave crise econômica do período. A regularização dessa ocorre após a retomada do controle fiscal e inflacionário pela implantação do Plano Real no ano de 1994.

3.2 Programas de EE no Brasil

Na tentativa de amenizar as oscilações do setor energético causas principalmente pela crise dos petroquímicos e com o crescimento da compreensão, especialmente entre as nações desenvolvidas, de que investir em eficiência energética é uma boa forma de se postergar ou reduzir custos com energia, estabeleceu-se um cenário de busca constante por melhoria do padrão de consumo de eletricidade no Brasil.

3.2.1 Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE)

O Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) está vinculado ao Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços (MDIC) e é coordenado pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO). Ele foi criado em 1984 e seu objetivo é prover os consumidores de informações que lhes permitissem avaliar o consumo de energia dos

equipamentos eletrodomésticos e selecionar, no ato da compra, aqueles de maior eficiência em relação ao consumo, possibilitando reduzir investimentos governamentais em novas unidades geradores e redução do consumo para a população em geral (MME, 2011).

Atualmente a adesão dos fabricantes de produtos vendidos no Brasil ao programa é voluntária, contudo seu projeto prevê que, com o passar dos anos, ela passará gradualmente a ser compulsória. O PBE tem se mostrado um mecanismo poderoso de conservação de energia, principalmente pelo fato de dar ao consumidor final a possibilidade de uma compra segura e incentivar, indiretamente, a cultura de aquisição de equipamentos eficientes.

3.2.2 Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL)

No final de 1985, por meio de uma portaria interministerial dos Ministérios de Minas e Energia e a Indústria e Comércio, foi criado o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL). O Programa, que tem a coordenação do MME e é operacionalizado pela Eletrobras, foi instituído com a função de promover a racionalização da produção e do consumo de energia elétrica, para que se eliminem os desperdícios e se reduzam os custos e os investimentos setoriais (MME, 2011).

O PROCEL é constituído por diversos subprogramas internos que visam a economia de energia elétrica nos setores de iluminação pública e semafórica (Reluz), gestão municipal (GEM), educação, edificações públicas e privadas (Edifica), saneamento ambiental (Sanear), indústria, informação (Info) e desenvolvimento tecnológico. Entre o período de sua instalação e o ano de 2008, o Programa economizou acumuladamente cerca de 32,9 TWh de energia, reduzindo a demanda na ponta em aproximadamente 9.538 MW, valores que resultaram em uma economia de investimento evitados da ordem de R\$ 22,8 bilhões.

3.2.2.1 Iluminação Pública e Sinalização Semafórica Eficientes (RELUZ)

O Programa Nacional de Iluminação Pública e Sinalização Semafórica Eficientes (PROCEL RELUZ) foi criado no ano 2000 com o objetivo de promover o desenvolvimento de sistemas eficientes de iluminação pública, bem como a valorização noturna de espaços públicos urbanos, contribuindo para redução do consumo de energia elétrica, melhoria das condições de segurança pública e a qualidade de vida nas cidades brasileiras (MME, 2011).

Até o ano de 2009 o Programa havia promovido a substituição de cerca de 2,2 milhões de pontos de IP em todo Brasil, proporcionando uma economia de consumo de energia elétrica

de 789,6 GWh/ano e de 181,8 MW de demanda no horário de ponta do sistema elétrica. Uma pesquisa realizada pela Eletrobras e publicada no ano de 2008 catalogou, junto as distribuidoras de energia elétrica brasileiras, o número luminárias de IP passíveis de troca, conforme a tecnologia de acendimento. A Tabela 3 apresenta esses valores, com os respectivos percentuais de participação no cenário nacional.

Tabela 3 – Quantidade e participação por tipo de lâmpada na iluminação pública no Brasil.

	Quantidade	Participação
Vapor de Mercúrio	4.703.012	31,8 %
Vapor de Sódio	9.294.611	62,9 %
Multi-vapor Metálico	108.173	0,7 %
Incandescentes	210.417	1,4 %
Mistas	328.427	2,2 %
Fluorescentes	119.535	0,8 %
Outras	5.134	0,03 %
TOTAL	14.769.309	-

Fonte: MME (2011).

O Programa inicialmente baseava suas ações na troca das luminárias convencionais de IP por luminárias a vapor de sódio com nível de iluminância equivalente. Após o início dos anos de 2010, com o desenvolvimento de luminárias LED com maior fluxo luminoso e o início do barateamento da tecnologia no Brasil, começaram a ser inclusos, no âmbito do PROCEL RELUZ, projetos que priorizam a instalação de equipamentos de iluminação com essa tecnologia.

3.2.2.2 *Gestão Energética Municipal (GEM)*

Criado pela Eletrobras em 1998, por meio do PROCEL, e atualizado em 2011, o Programa de Gestão Energética Municipal (PROCEL GEM) tem como missão auxiliar as prefeituras e demais esferas públicas de governo a reduzir seus custos com energia elétrica (ELETROBRAS, 2018). Esse auxílio é proporcionado pela colaboração, com o administrador municipal, na identificação de oportunidade de redução dos desperdícios, no acompanhamento do consumo e na gestão e uso eficiente de energia elétrica nas unidades consumidoras sob sua gestão, proporcionando a obtenção de mais recursos financeiros para serem investidos em

outras áreas prioritárias.

Até o final de 2017 o Programa já havia desenvolvido Planos Municipais de Gestão da Energia Elétrica (PLAMGEs) em quase 350 municípios de todas as regiões do país por meio da realização de diagnósticos da situação energética municipal e apresentação das ações de EE a serem implantadas. O PROCEL GEM contribui também com a Rede Cidades Eficientes em Energia Elétrica (RCE), que abrange 1.055 municípios brasileiros e promove a distribuição de material formativo gratuito, como o Boletim “Energia Elétrica e Gestão Energética Municipal” que divulga dicas de EE para as prefeituras e as ações do Programa. Além dessas ações o PROCEL GEM promove cursos online de EE para o público geral e de capacitação em gestão energética para técnicos de pequenos municípios.

As ações do PROCEL GEM já somam um investimento total de mais de R\$ 5 milhões e tem proporcionado uma economia de 128,86 milhões de kWh. As metodologias do subprograma já são empregadas em 519 municípios em 19 estados e no Distrito Federal, que representa 9,3 % do total de todas as cidades brasileiras.

3.2.3 Programa de Eficiência Energética (PEE)

O Programa de Eficiência Energética (PEE) foi criado em julho de 2000 com a promulgação da Lei nº 9.991 e é regulado pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). Com o início das privatizações das empresas concessionárias de distribuição de energia elétrica no Brasil em 1995, o Governo Federal, preocupado em garantir a continuidade dos investimentos em EE, viu a necessidade e criação de um mecanismo eficaz e seguro para essa finalidade, dando origem ao Programa. O PEE determina que as distribuidoras invistam 0,50 % da sua Receita Operacional Líquida (ROL) anual em ações de EE dentro do país, em diversas áreas definidas pela ANEEL.

As ações do Programa visam o consumo eficiente de energia elétrica em todos os setores da economia por meio de projetos que demonstrem a viabilidade econômica da sua implantação, seja pela substituição de equipamentos, melhoria de processos e usos finais de energia. O PEE busca transformar o mercado de energia pelo estímulo ao desenvolvimento de novas tecnologias e pela criação de hábitos e práticas racionais de uso da energia elétrica (ELETROBRAS, 2018).

3.2.4 Lei de Eficiência Energética (10.295/2001)

A Lei Federal nº. 10.295/2001, popularmente conhecida como a “Lei de Eficiência Energética”, aplicada pelo Comitê Gestor de Indicadores de Eficiência Energética (CGIEE) e coordenada pelo Ministério de Minas e Energia (MME), dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia. Ela estabelece os níveis máximos de consumo de energia ou mínimos de EE de máquinas e aparelhos elétricos fabricados ou comercializados no país, bem como de edificações construídas, de forma compulsória.

A Lei, que é o principal marco regulatório na Política Energética Nacional, estimula o desenvolvimento tecnológico, a preservação ambiental e a introdução de produtos mais eficientes no mercado nacional (ELETROBRAS, 2018).

3.2.5 Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO)

O Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO), criado em 1973 e vinculado ao Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços (MDIC), é uma autarquia federal que atua na regulamentação, condução e fiscalização dos Programas de Avaliação de Conformidade compulsória e voluntária de produtos, processos, serviços relacionados com eficiência energética (MME, 2011).

Além disso, o INMETRO tem como outras competências executar as políticas nacionais de metrologia e da qualidade, verificar a observância das normas técnicas e legais, manter e conservar os padrões e unidades de medida, fortalecer a participação do País nas atividades internacionais relacionadas a metrologia e qualidade e fomentar a utilização da técnica de gestão da qualidade nas empresas brasileiras.

3.3 Benefícios da eficiência energética

Os programas de incentivo à eficiência energética trazem como consequência diretas a redução dos custos com energia elétrica e a disponibilidade da parcela de energia economizada para ser usada em outros setores. Esses benefícios, contudo, não são únicos.

A implantação de medidas de EE resulta em uma série de benefícios indiretos à sociedade. Do ponto de vista econômico talvez o mais importante seja a geração de novas vagas de emprego. Com o aumento do número de projetos a procura por profissionais tecnicamente qualificados para trabalhar nessas áreas aumenta, impulsionando, consequentemente, a

economia do setor energético.

Um outro ponto importa é a redução dos custos com manutenção. A implantação de equipamentos e processos mais eficientes diminui a necessidade de realização de manutenções preventivas ou corretivas nos sistemas. Um exemplo disso é a instalação de luminárias de LED em parques de iluminação pública que, por terem um tempo de vida útil de pelo menos 50000 horas, quatro vezes maior que o tempo de vida útil de lâmpadas a vapor de mercúrio, reduzem substancialmente a necessidade de manutenção do sistema.

A redução das perdas energéticas operativas e da demanda de energia no horário de ponta, além da redução dos custos com expansão do sistema elétrico são benefícios que favorecem diretamente a distribuidora de energia. Paralelo a isso, o uso dessas tecnologias aquece a indústria do setor mantendo ativos os incentivos à evolução tecnológica.

Do ponto de vista social, o ganho na qualidade de vida da população certamente é a melhor vantagem trazida pela efficientização dos sistemas. A exemplo disso, os projetos de iluminação pública eficiente que vem sendo implantados no Brasil têm dado uma nova vida a ambientes externos antes desvalorizados e melhorado o sentimento de segurança da população, promovendo uma mudança satisfatória na forma de interação dos agentes sociais.

4 PROJETO DE *RETROFIT* DA IP DE POTIRETAMA/CE

Uma das primeiras etapas da busca de resoluções de situações-problema que envolvem engenharia é conhecer a fundo as características do caso em análise, incluindo os agentes beneficiários da ação. Em um projeto de modernização dos equipamentos de iluminação pública não poderia ser diferente.

Esse capítulo faz um estudo de caso da iluminação pública (IP) de Potiretama. Para isso apresenta aspectos geográficos e socioeconômicos do município, dá um panorama do atual sistema de IP, propõe um novo sistema – com consumo mais eficiente –, estima a economia de energia e expõe a análise financeira da implementação do projeto.

4.1 Perfil municipal

O município de Potiretama foi fundado no dia 15 de maio de 1987 e seu nome – que tem origem no vocábulo Tupi-Guarani *Potira* – significa região das flores bonitas. Antes de se emancipar e receber essa nomeação, a província havia sido chamada de Vila de Nazaré, no início do povoamento e, posteriormente, Distrito Bom Jardim. Até ser elevada oficialmente ao nível de cidade, a região já havia feito parte de outros dois municípios cearenses: Iracema, do qual se emancipou, e Pereiro, que deu origem à cidade de Iracema (PMP, 2017).

4.1.1 Geografia

O município de Potiretama fica localizado no interior do estado do Ceará, na região do vale do Rio Jaguaribe, distante cerca de 280 km da capital cearense, Fortaleza. A cidade está inserida na região de divisa entre os estados do Ceará e do Rio Grande do Norte e tem uma área territorial de aproximadamente 409238 m². A Figura 9 apresenta a localização de Potiretama no espaço geográfico estadual. Por fazer parte de uma região pertencente ao semiárido nordestino Potiretama apresenta clima predominantemente tropical quente e seco, com temperaturas máximas que podem ultrapassar 35 °C nos três últimos meses do ano (CLIMATEMPO, 2018). O volume anual de chuvas acumulado no município no ano de 2017, de acordo com a Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME), não ultrapassou os 580 mm (FUNCEME, 2017).

Figura 9 – Localização de Potiretama na geografia do Ceará.



Fonte: Google Maps.

4.1.2 População e economia

De acordo com as projeções do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o município tem atualmente cerca de 6400 habitantes, distribuídos entre zona rural e zona urbana. Como a grande parte dos municípios do sertão nordestino, Potiretama tem um baixo percentual de trabalhadores formais, cerca de 9,2 % da população total, cuja média salarial gira em torno de 1,2 salário mínimo, de acordo com a última estimativa realizada pelo IBGE, referente ao ano de 2016 (IBGE, 2018).

Em termos econômicos, a cidade possui poucas fontes de renda, sendo as principais aquelas relacionadas à agropecuária ou resultantes de concursos e contratos públicos temporários firmados entre a administração municipal e a população (IPECE, 2017). Pelas estimativas do IBGE Potiretama tinha, em 2015, um PIB *per capita* equivalente a R\$ 6.864,97, e um Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) de 0,604, sendo o 122º colocado no *ranking* estadual feito com os 184 municípios cearenses no ano de 2010 (IBGE, 2018).

4.2 Panorama da iluminação pública municipal

Após sete anos do início de vigência da Resolução Normativa 414:2010 da ANEEL, que estabelece condições gerais de fornecimento de energia elétrica e que determina que as

distribuidoras transfiram os ativos de iluminação pública às prefeituras até o final do ano de 2014, 11 dos 184 municípios cearenses ainda não haviam se adequado às exigências da Resolução (OPOVO, 2017). Potiretama é um dos 173 do estado do Ceará que – na data de publicação da reportagem – já havia assumido a responsabilidade pela manutenção da IP. Não foi possível verificar, contudo, se essa adequação ocorreu no prazo estabelecido pela Resolução.

De acordo com o Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE), o município de Potiretama é o terceiro que menos consome energia elétrica em todo o estado, tendo sido registrado um consumo total de 3744 MWh de energia elétrica no ano de 2016 (IPECE, 2017).

Por se tratar de uma cidade pequena, com poucos habitantes e rodeada por matas típicas da caatinga, a iluminação das vias públicas de Potiretama tem como papel principal evitar casos de violência e dar à população uma maior sensação de segurança.

A iluminação pública potiretamense é totalmente custeada com verbas próprias da administração municipal, o que inclui o pagamento mensal do valor de energia elétrica consumida e eventuais custos com instalação e manutenção na IP. Isso significa que os demais consumidores de energia elétrica do município – residenciais e comerciais – não têm a contribuição para o custeio do serviço de iluminação pública (CIP) cobrada em suas contas de energia elétrica.

O atual sistema de IP da cidade conta com 430 lâmpadas, distribuídas entre vapor de sódio – a grande maioria, 98,6 % do total – e vapor metálico. O Quadro de Iluminação Pública (QIP) municipal do mês de junho de 2018, disponível no Anexo A deste trabalho, fornece os valores detalhados de quantidade e potência de cada tipo de lâmpada que compõe o quadro atual. A Tabela 4 traz uma síntese desses valores.

Tabela 4 – Lâmpadas que compõem o atual sistema de iluminação pública municipal.

Tipo de lâmpada	Potência da lâmpada (W)	Quantidade de lâmpadas	Porcentagem do conjunto (%)	Potência do conjunto (W)
Vapor de sódio	70	357	83,02	24990
	250	67	15,58	16750
Vapor de mercúrio	80	6	1,40	480
Total		430		42200

Fonte: Adaptada do Anexo A.

Nota-se, pelos dados da tabela, que a IP municipal é pouco diversa em termos dos tipos e dos valores de potências das lâmpadas utilizadas.

Este trabalho propõe a modernização do sistema de iluminação pública atual por meio da troca de equipamentos de uma tecnologia mais antiga – lâmpadas, no caso – por equipamentos mais modernos e eficientes, sem que haja necessidade de realização de mudanças estruturais realizando, portanto, apenas a troca das luminárias. Esse procedimento, como já foi dito, é tecnicamente conhecido como *retrofit*.

Como se trata de uma atividade de modernização da IP, as luminárias utilizadas devem atender aos requisitos sugeridos pelas normas ABNT NBR 5101:2018: Iluminação pública – Procedimentos e sua emenda ABNT NBR 5101-1:2018.

4.3 O sistema de iluminação pública proposto

Para projetos de iluminação pública, as luminárias LED são reconhecidamente os equipamentos com consumo de energia elétrica mais eficiente. Essa característica, que já foi atestada por diversos outros estudos publicados no meio científico, qualifica naturalmente essas luminárias para serem usadas no projeto de eficiência da IP do município de Potiretama.

4.3.1 Requisitos adotados

O projeto de eficiência energética das luminárias que compõem a IP do município de Potiretama é feito com o objetivo de comparar o sistema atual, composto por lâmpadas de vapor de sódio e de vapor de mercúrio, com um sistema mais eficiente, composto por lâmpadas de LED – sem que haja perda do nível de iluminação das vias públicas –, e estimar o potencial de economia no consumo de energia elétrica e do valor pago por ela.

A elaboração de projetos de IP, seja de novas instalações ou modernização das instalações existentes, devem seguir algumas diretrizes estabelecidas pelos órgãos governamentais responsáveis pelo setor e pela estrutura urbana do município. No caso de Potiretama, como as vias são usadas para tráfego leve de veículos e pessoas, os requisitos exigidos foram definidos com base na Tabelas 3, 5 e 7 da norma ABNT NBR 1501:2018, mostrados nas Tabelas 5, 6 e 7 abaixo, respectivamente, para a classe de iluminação V4, definida pela norma como vias com volume de tráfego de veículos motorizados leve; e P4, definida como vias de pouco uso por pedestres.

Na Tabela 5, a luminância média é representada por L_{med} , enquanto a uniformidade de iluminância por U_o . U_L representa a uniformidade de luminância e TI o incremento limiar, que indica o percentual de ofuscamento devido a uma fonte de luz. Por fim, SR representa a razão das áreas adjacentes à via.

Tabela 5 – Requisito de luminância e uniformidade.

Classe de iluminação	L_{med}	U_o \geq	U_L \geq	TI % \leq	SR \geq
V4	0,75	0,40	0,60	15	-

Fonte: Adaptada de ABNT (2018).

Tabela 6 – Iluminância média mínima e uniformidade para cada classe de iluminação.

Classe de iluminação	Iluminância média mínima $E_{med,min}$ (lx)	Fator de uniformidade mínimo $U = E_{min}/E_{med}$
V4	10	0,20

Fonte: Adaptada da ABNT (2018).

Tabela 7 – Iluminância média e fator de uniformidade mínimo para cada classe de iluminação.

Classe de iluminação	Iluminância horizontal média E_{med} (lx)	Fator de uniformidade mínimo $U = E_{min}/E_{med}$
P4	3	0,20

Fonte: Adaptada de ABNT (2018).

A escolha do valor da iluminância média mínima que deverão ter as vias sinalizadas pelo novo sistema de IP é feito com bases nos fatores $E_{med,min}$ da Tabela 6 e E_{med} da Tabela 7. Isso significa que, pelo critério normativo, esse valor deveria ser de aproximadamente 10 lux. Contudo, para garantir que não haja perda da iluminância em relação ao sistema que há hoje instalado no município, serão adotados 20 lx mínimos para o novo sistema, garantir o tráfego seguro de pedestres e veículos nas áreas iluminadas do município.

Tendo sido definido o critério a ser atendido pelo sistema posposto, o próximo passo é a escolha das lâmpadas a serem utilizadas. O Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL) disponibiliza em seu site uma lista de diversos equipamentos elétricos que têm a certificação de eficiência energética do programa, o que inclui motores, condicionadores de ar, motores, lâmpadas, entre outros. A instituição ainda não dispõe, contudo, de uma lista de luminárias LED certificadas para iluminação pública, pois a certificação para esses

equipamentos ainda não é compulsória. A tendência é que em um futuro muito breve esse novo catálogo esteja disponível para acesso dos consumidores, pois os fornecedores de equipamentos para IP já estão em processo de certificação junto ao Programa.

Nesse cenário, o processo de seleção das lâmpadas passou a usar como fonte os catálogos de produtos certificados pelo INMETRO que – apesar de não analisar exclusivamente o nível de eficiência energética dos equipamentos elétricos e eletrônicos – adota alguns critérios de conservação de energia e um sistema de etiquetagem próprio semelhante ao empregado pelo PROCEL, com etiquetas que vão de A a E, sendo a A aquela que indica maior índice de eficiência (INMETRO, 2018).

Com base nos níveis de eficiência energética exigidos pelo INMETRO, nos critérios das normas NBR 5101:2018 e seguindo o preceito de que o novo sistema de iluminação pública tenha menor consumo de energia que o sistema atualmente implantado no município, os critérios elencados para a escolha das novas luminárias são:

- Lâmpada composta por diodos emissores de luz (LED);
- Potência ativa ≤ 70 W (substituindo as lâmpadas de VS 70 W e VM 80 W) e ≤ 250 W (substituindo as lâmpadas de VS 250 W);
- Iluminância média mínima: 20 lx;
- Eficiência luminosa ≥ 100 lm/W;
- Fator de potência (FP) $\geq 0,92$;
- Índice de reprodução de cor (IRC) ≥ 70 ;
- Temperatura de cor ≥ 5000 K;
- Nível de proteção contra surtos: 10 kV / 10 kA;
- Vida útil mínima declarada: 50000 h
- Grau de proteção contra resíduos sólidos e líquidos: IP65 (óptico) e IP44 (caso controlador seja IP65 ou superior).

4.3.2 Proposta de projeto

Com base nesses critérios e observando-se o catálogo de luminárias certificadas pelo INMETRO (INMETRO, 2017), as luminárias LED escolhidas para o novo sistema de iluminação pública proposto são de 50 W e 100 W, de modo que as lâmpadas a vapor de sódio de 70 W e a vapor de mercúrio de 80 W deverão ser substituídas por LED de 50 W, enquanto as lâmpadas a vapor de sódio de 250 W serão substituídas pelas LED de 100 W. A Tabela 8 traz

os valores dos sistemas atual e proposto.

Tabela 8 – Síntese das lâmpadas dos sistemas atual e proposto.

Quantidade	Lâmpada usada atualmente	Lâmpada posposta
357	Vapor de sódio 70 W	LED 50 W
67	Vapor de sódio 250 W	LED 100 W
6	Vapor de mercúrio 80 W	LED 50 W

Fonte: O autor.

Quanto à aquisição das luminárias de LED é comum encontrar, em lojas especializadas em sistemas de iluminação, uma variedade razoável de marcas e produtos que atendam às exigências técnicas citadas.

Nos sistemas de faturamento da energia elétrica, assim como em outros sistemas de cobrança, o cliente paga em um determinado mês o valor referente ao consumo do mês anterior. Desse modo, apesar de ser referente a junho de 2018, o QIP utilizado como base neste trabalho traz os valores referentes a maio do mesmo ano. Como o mês de maio possui 31 dias esse valor será usado para efeito de referência em alguns cálculos.

A respeito do que ocorre no Ceará e em outros estados da federação na forma de medição do valor da energia elétrica consumida por um determinado cliente do tipo iluminação pública, a concessionária – ENEL, no caso local – estima o valor do consumo pela quantidade, potência e perda de cada tipo de lâmpada presente no QIP e pelo tempo de uso diário do sistema de IP, estabelecido pela Resolução Normativa 414:2010 da ANEEL, em 11h52min.

A Tabela 9 apresenta o sistema de IP atualmente instalado no município, detalhando as potências, as perdas, as quantidades e o consumo por tipo de lâmpada usada e por período – mensal e anual –, além de apresentar uma estimativa para o valor total da energia consumida anualmente.

Tabela 9 – Detalhamento do consumo de energia pelo atual sistema de IP municipal.

Sistema atual			
Tipo de lâmpada	Vapor de sódio 70 W	Vapor de sódio 250 W	Vapor de mercúrio 80 W
Potência da lâmpada (W)	70	250	80
Perdas (%)	21,4	14,8	12,0
Quantidade	357	67	6
Potência instalada (W)	24990	16750	480
Tempo diário de util. do sistema	11h52min	11h52min	11h52min
Nº. de horas diárias de util. (h/dia)	11,87	11,87	11,87
Nº. de horas mensal de util. (h/mês)	367,88	367,88	367,88
Nº. de horas anual de util. (h/ano)	4331,33	4331,33	4331,33
Energia mensal consumida (kWh/mês)	11161,00	7074,00	198,00
Energia anual consumida (MWh/ano)	131,40	83,29	2,33
Energia anual total consumida (MWh/ano)	217,02		

Fonte: O autor.

A estimativa de economia de energia do sistema de IP proposto usa as mesmas bases de tempo, em h, as mesmas quantidades de lâmpadas e a mesma metodologia do sistema atual para estimar os novos valores de consumo. A Tabela 10 apresenta o detalhamento dessa estimativa.

Tabela 10 – Detalhamento do consumo de energia pelo novo sistema proposto.

Sistema proposto		
Tipo de lâmpada	LED 50 W	LED 100 W
Potência da lâmpada (W)	50	100
Perdas (%)	0	0
Quantidade	363	67
Potência instalada (W)	18150	6700
Tempo diário de utilização do sistema	11h52min	11h52min
Número de horas diárias de utilização (h/dia)	11,87	11,87
Número de horas mensal de utilização (h/mês)	367,88	367,88
Número de horas anual de utilização (h/ano)	4331,33	4331,33
Energia mensal consumida (kWh/mês)	6676,78	2464,71
Energia anual consumida (MWh/ano)	78,61	29,02
Energia anual total consumida (MWh/ano)	107,63	

Fonte: O autor.

É importante observar que os percentuais de perdas das lâmpadas LED – que são mínimos e ocorrem nos seus *drivers*, como dito anteriormente – estão zerados, devido ao fato de elas já estarem contabilizadas no valor da potência total da luminária.

Com a nova proposta, o valor de consumo de energia elétrica da iluminação pública chega a cair pela metade apenas com a mudança das luminárias. O consumo atual, que é de aproximadamente 217,02 MWh anuais, passa para 109,39 MWh, valores que representam uma economia de 50,41 % na energia elétrica usada na IP. A Tabela 11 apresenta uma síntese dos dois sistemas.

Tabela 11 – Detalhamento da economia no consumo anual de energia.

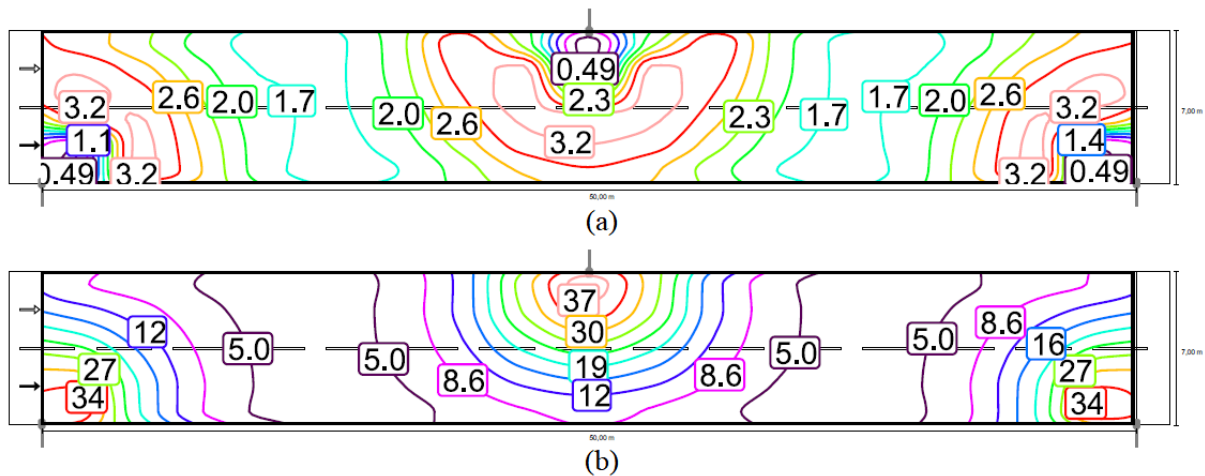
	Consumo anual (MWh)	Consumo percentual (%)
Sistema atual	217,02	100
Sistema proposto	107,63	49,59
Economia	109,39	50,41

Fonte: O autor.

Para ilustrar a melhoria no sistema de IP municipal com a implantação do novo projeto foi feita uma simulação de distribuição das iluminâncias em trechos de ruas semelhantes às do

município no *software* DIALux usando luminárias de características técnicas semelhantes às empregadas atualmente e no sistema proposto. As ruas secundárias da cidade, nas quais o uso principal é caracterizado pelo acesso residencial, tem uma largura aproximada de 7,0 m, nas quais podem passar dois carros de passeio em paralelo, e onde os postes usados na iluminação ficam afastados cerca de 50,0 m entre eles. A Figura 10 apresenta as linhas isográficas de distribuição das iluminâncias obtidas pelo programa.

Figura 10 – Linhas isográficas da distribuição de iluminâncias nos sistemas atual (a) e proposto (b).



Fonte: *Software* DIALux.

Apesar de parecerem desproporcionais, as linhas mostram a melhoria dos níveis de iluminância no sistema de IP quando feita a troca das luminárias a vapor de sódio de 70 W, caso (a), pelas luminárias LED de 50 W, caso (b). O fluxo luminoso de cada luminária a base de lâmpadas a vapor de sódio de 70 W foi de cerca de 5778 lm. Por outro lado, o fluxo luminoso obtido por cada luminária do projeto recomendado, usando as lâmpadas LED de 50 W, foi de aproximadamente 6067 lm.

4.4 Análise financeira

Nessa fase do trabalho será feita a estimativa do valor de aquisição dos equipamentos (luminárias LED) e da mão de obra necessária à instalação dos dispositivos para orçar o projeto total em duas versões: com e sem contratação de mão de obra, para, finalmente, estimar a viabilidade financeira do projeto. Em seguida serão aplicados os conceitos de análise financeira de investimentos para verificar a viabilidade de execução do projeto.

4.4.1 Custo com aquisição das novas luminárias

Para realização da análise de atratividade financeira do *retrofit* da iluminação pública do município de Potiretama foram solicitados, inicialmente, alguns orçamentos de material em algumas lojas especializadas em iluminação artificial da cidade de Fortaleza. A lista compreendia luminárias LED para IP nas potências de 50 W e 100 W que atendessem aos requisitos técnicos dispostos no item 4.3.1 deste trabalho.

Seguindo a metodologia estabelecida para realização desta monografia foram enviadas solicitações de orçamentos para pelo menos cinco estabelecimentos diferentes, mas apenas três deles responderam à solicitação de maneira adequada. Os preços das luminárias LED de 50 W variaram entre R\$ 250,00 e R\$ 280,00 e o valor médio obtido foi de R\$ 265,00. Já os preços das luminárias LED de 100 W variaram entre R\$ 389,00 e R\$ 480,00, tendo como média o valor de R\$ 433,00.

Esses valores são relativamente elevados quando comparados com os valores de aquisição das luminárias usadas no atual sistema de IP do município. Para atestas essa hipótese foram feitas pesquisas rápidas e pouco criteriosas realizadas em *sites* de lojas especializadas em iluminação pública, o preço médio aproximado das lâmpadas a vapor de sódio de 70 W é de R\$ 18,00, enquanto a de 250 W custa cerca de R\$ 29,00. O reator para a lâmpada de 70 W apresentou um valor de mercado de aproximadamente R\$ 44,00, e para a de 250 W custa R\$ 71,00. Já as lâmpadas a vapor de mercúrio de 80 W têm um preço equivalente a R\$ 21,00, ao passo que seu reator custa em média R\$ 55,00.

A partir dos preços médios e das quantidades das luminárias estabelecidas para o novo projeto foi feito o cálculo do investimento em compra de material. O custo estimado de obtenção das luminárias de 50 W foi de R\$ 96.195,00, enquanto das luminárias de 100 W foi de R\$ 29.011,00. O valor total da aquisição do novo sistema de iluminação pública foi de R\$ 125.206,00. A Tabela 12 mostra uma síntese desses valores.

Tabela 12 – Custo de obtenção das luminárias.

Características	Luminárias	
	LED 50 W	LED 100 W
Preço médio	R\$ 265,00	R\$ 433,00
Quantidade	363	67
Valor Parcial	R\$ 96.195,00	R\$ 29.011,00
Valor Total	R\$ 125.206,00	

Fonte: O autor.

4.4.2 Custos com manutenção

Assim como todo equipamento de uso contínuo, as luminárias usadas na iluminação pública necessitam de manutenção periódica. Luminárias a vapor e a LED, contudo, têm características técnicas distintas e isso se reflete diretamente nos períodos e formas de cuidado. A falta dessa atenção ou sua execução de modo não periódico pode resultar no aumento de custos energéticos e na degradação do sistema de iluminação pública, fatos que afetam a sua eficiência.

Em luminárias a vapor, a manutenção ocorre com uma frequência maior que nas luminárias a LED. Ela pode ser realizada pela simples limpeza ou, em casos mais extremos, pela substituição das luminárias ou de componentes destas. Os casos de troca envolvem a substituição de lentes difusoras, lâmpadas ou reatores quebrados ou queimados.

Em luminárias LED, a sua própria construção funcional permite uma vida útil maior a elas. Devido ao fato de serem compostas por vários pontos de LED, mesmo que alguns deles quebrem ou queimem, os demais continuarão funcionando e a luminária continuará iluminando as vias, embora com uma capacidade de iluminação menor. Por esse fato essas luminárias possuem maior confiabilidade e menor necessidade de manutenção periódica.

É importante salientar que a instalação das novas luminárias LED não envolve outros custos extra, como troca de postes, suportes ou cabeamento. Uma luminária desse tipo já traz todos os componentes necessários ao seu adequado funcionamento embutidos internamente e, por esse motivo, já são adquiridas prontas para serem instaladas no lugar das luminárias a vapor.

As luminárias LED, apesar de terem um valor de mercado maior que as luminárias a vapor, apresentam um custo de manutenção menor por terem uma vida útil aproximadamente quatro vezes maior, fato que reduz esses custos a longo prazo.

Levando em conta a realidade do município, que já tem uma equipe destinada à manutenção da IP, optou-se pela simulação de duas situações: uma que considera a substituição das luminárias feita pela equipe municipal – que não acresce valor de manutenção ao projeto – e outra que incluindo a contratação de uma equipe técnica especializada terceirizada para efetuar a troca.

Para fazer uma estimativa do valor gasto com a contratação da empresa terceirizada para troca das 430 luminárias, considerou-se uma equipe de três profissionais: um eletrotécnico certificado e dois auxiliares de manutenção elétrica, trabalhando oito horas (8 h) por dia em um mês com 20 dias úteis (considerando um dos piores casos, sem contar com os finais de semana). O eletrotécnico deve receber um salário líquido mensal equivalente à média nacional para a

categoria, o que gira em torno de R\$ 2.221,13, enquanto os dois auxiliares de manutenção elétrica devem receber R\$ 1.329,12 cada, de acordo com o portal Salário (SALÁRIO, 2018).

Considerando que a equipe demore uma média de 20 min para substituir cada luminária – levando em conta todo o tempo gasto, inclusive de deslocamento até o local – seriam precisos cerca de 18 dias úteis de trabalho para que a equipe efetuasse a troca de todas as lâmpadas, o que equivaleria aproximadamente a um mês de trabalho. Além disso, considera-se o uso dos insumos e materiais necessários à troca, como fita isolante, chaves, alicates, parafusos, equipamentos de proteção individual (EPI), combustível para o automóvel, entre outros, totalizando um valor equivalente a R\$ 430,00. Considera-se, ainda, o valor de R\$ 30,00 por dia (28 dias, incluindo fins de semana) por pessoa com alimentação e o aluguel de uma casa pequena na cidade pelo período de um mês, algo em torno de R\$ 200,00 (incluindo os consumos de água e luz), tem-se um gasto total com a equipe de R\$ 8.029,37. Levando em conta uma margem de lucro de 30 % da empresa em cima do valor dos custos totais com a troca das luminárias, o valor do contrato da empresa terceirizada deve ficar em torno de R\$ 10.438,18.

A partir dos valores esses valores de aquisição do material (luminárias) foi possível orçar o projeto com e sem mão de obra terceirizada, conforme é mostrado na Tabela 13.

Tabela 13 – Orçamentos de implantação do projeto.

Implantação do projeto	Valor total
Sem mão de obra terceirizada	R\$ 125.206,00
Com mão de obra terceirizada	R\$ 135.644,18

Fonte: O autor.

4.4.3 Métodos de análise de investimento

Para verificar a viabilidade de um investimento financeiro é fundamental conhecer o fluxo de caixa que resultará da aplicação. O fluxo de caixa leva em consideração o valor desembolsado para implementação do projeto e os retornos ou entradas que serão geradas a cada período. No caso da efficientização da iluminação pública de Potiretama haverá apenas um desembolso inicial para compra das luminárias e, caso haja necessidade, contratação da equipe de montagem terceirizada. Já as entradas serão contabilizadas pelo valor economizado mensalmente em energia elétrica.

A estimativa da economia mensal será feita com base na diferença dos valores de consumo de energia elétrica dos dois sistemas de IP, o atual e o proposto, a cada período

tarifário, e com base na tarifa de energia elétrica paga pela prefeitura municipal. Essas informações são apresentadas na fatura de energia elétrica disponível no Anexo A deste trabalho.

A tarifa de energia elétrica paga pelo município no mês de junho de 2018 com IP foi de R\$ 0,40638 por cada KWh consumido, enquanto os valores de consumo mensal dos dois sistemas apresentados na Tabelas 9 e 10, foram de 18433 KWh e 9141,49 KWh para os cenários atual e proposto, respectivamente. Em termos financeiros, a prefeitura paga R\$ 7.490,80 no sistema atual, enquanto no sistema proposto pagaria algo por volta de R\$ 3.714,92.

Além do valor pago por consumo de energia elétrica, o sistema de tarifação das concessionárias de energia cobra valores referentes a outros serviços, como adicional por bandeiras tarifárias, taxa de administração da CIP (nas cidades onde a valor da IP é rateado entre todos os consumidores), multas, entre outros.

No caso da fatura de iluminação pública de Potiretama, o único valor extra cobrado é referente ao importe por agrupamento de contas (IAC), que se refere às luminárias de IP que não estão contabilizadas no QIP e que são medidas por medidor de energia elétrica próprio. Devido ao fato de não ter sido possível catalogar as características técnicas dessas luminárias em tempo hábil de inseri-las nas propostas de orçamento e no cálculo da economia, elas não foram escaladas para substituição e, conseqüentemente, o valor pago pelo consumo dessas luminárias – R\$ 826,04, conforme consta na conta de energia do mês de junho de 2018 – será mantido na nova proposta de IP.

Sugere-se, contudo, que caso a prefeitura decida realizar o projeto de efficientização da IP, essas luminárias sejam catalogadas e inseridas na lista de equipamentos a serem substituídos. Isso fará com que o valor pago por IAC (R\$ 826,04) seja reduzido, trazendo, conseqüentemente, benefícios ainda maiores para a população e para a saúde financeira da administração municipal. A Tabela 14 mostra os valores da fatura de energia do atual sistema e o estimado para o sistema proposto.

Tabela 14 – Faturamento de energia elétrica dos dois sistemas de IP.

Faturamento	Valor
Sistema atual	R\$ 8.316,84
Sistema proposto	R\$ 4.540,96

Fonte: O autor.

A diferença entre esses dois valores – R\$ 3.775,88 – representa a economia mensal que será obtida com a implantação do novo sistema de IP e representa as entradas que serão contabilizadas mensalmente no fluxo de caixa do investimento. No horizonte anual essa economia pode chegar a R\$ 45.310,56.

Para efeitos de estimativa do tempo total de retorno do investimento deve-se fazer o cálculo da vida útil dos equipamentos em períodos de tarifação (meses). Como a maioria das luminárias LED disponíveis no mercado possuem um tempo de vida útil mínima declarada de 50 mil horas, a razão desse valor pelo número de horas de uso mensal do sistema – 367,88 h – resulta em um total de 135,91 ou, aproximadamente, 136 períodos. Na Tabela 15, as colunas Saldo 1 e Saldo 2 representam, respectivamente, os saldos dos investimentos sem e com a contratação de mão de obra terceirizada para os primeiros 12 meses, considerando a redução dos valores das entradas mensais em valor presente.

Tabela 15 – Fluxo de caixa do primeiro ano de investimento.

Período (mês)	Saldo 1	Saldo 2
0	R\$ - 125.206,00	R\$ - 135.644,18
1	R\$ - 121.449,88	R\$ - 131.888,06
2	R\$ - 117.713,43	R\$ - 128.151,61
3	R\$ - 113.996,53	R\$ - 124.434,71
4	R\$ - 110.299,09	R\$ - 120.737,27
5	R\$ - 106.621,01	R\$ - 117.059,19
6	R\$ - 102.962,18	R\$ - 113.400,36
7	R\$ - 99.322,50	R\$ - 109.760,68
8	R\$ - 95.701,87	R\$ - 106.140,05
9	R\$ - 92.100,19	R\$ - 102.538,37
10	R\$ - 88.517,36	R\$ - 98.955,54
11	R\$ - 84.953,29	R\$ - 95.391,47
12	R\$ - 81.407,88	R\$ - 91.846,06

Fonte: O autor.

É importante observar que existe uma grande quantidade de métodos de avaliação econômica de investimentos. Esses métodos são complementares e levam em consideração, entre outros aspectos, o tempo, a taxa e o montante financeiro de retorno do investimento. Com a finalidade de dar mais seriedade ao projeto e mais segurança aos investidores na tomada de

decisão de investimentos normalmente são usados pelo menos dois desses indicadores no estudo de viabilidade de projetos.

Nesse trabalho são apresentados três métodos que indicam a viabilidade financeira do *retrofit* da IP de Potiretama.

4.4.3.1 Valor presente líquido (VPL)

Como o próprio nome já sugere, o valor presente líquido (VPL), ou do inglês *Net Present Value (NPV)*, resulta da adição de todos os fluxos de caixa na data zero (BRUNI; FAMÁ, 2008), ou seja, tem como finalidade medir o valor presente dos fluxos de caixa gerados pelo projeto ao longo de sua vida útil e compará-los com o investimento inicial, também conhecido como desembolso de caixa. Desse modo, para que o investimento seja viável, o valor do VPL deverá ser maior que zero. Ele é representado algebricamente pela Equação 5.

$$VPL = - I + \sum_{t=1}^T \frac{FCt}{(1+K)^t} \quad (5)$$

Na qual: FCt é o fluxo de caixa no t-ésimo período;
 I é o valor do investimento inicial;
 K é o custo do capital ou taxa mínima de atratividade;
 t é o período.

Uma premissa básica da análise de investimentos é que, para que seja considerado viável, a taxa mínima de atratividade financeira do investimento em análise seja maior ou pelo menos igual à de outros investimentos disponíveis no mercado de finanças. Caso a afirmação seja negativa, os outros investimentos trarão maiores benefícios financeiros que o investimento em análise.

Quando se trata de investimentos realizados por empresas ou grandes clientes, a equipe ou o gestor financeiro responsável pela análise do investimento estabelece, de acordo com os interesses do cliente, uma quota mínima de retorno financeiro que normalmente gira em torno de 12 % a. a. Em situações nas quais esse percentual não é definido a política de análise econômica sugere que seja usada a taxa básica de juros do período para avaliação da viabilidade financeira dos investimentos. No caso analisado neste trabalho, o cliente ou o beneficiário principal (Prefeitura Municipal de Potiretama/CE) não estabeleceu essa alíquota.

Nesse cenário, para que o projeto de eficiência energética da IP de Potiretama seja viável, ele deve apresentar rendimento mensal pelo menos igual à taxa básica de juros – definida pelo Sistema Especial de Liquidação e Custódia (SELIC) –, que rege grande parte das aplicações no mercado financeiro brasileiro. A taxa usada nas simulações desse estudo refere-se à SELIC do período em que ele é produzido (novembro de 2018), o que corresponde a 6,5 % ao ano ou 0,5262 % ao mês, considerando a equivalência de taxas de juros de períodos distintos.

A Equação 6 apresenta a forma de cálculo da equivalência de taxas de juros de períodos distintos.

$$i_a = [(1 + i_b)^{\frac{n_b}{n_a}}] - 1 \quad (6)$$

Na qual:

- i_a é a taxa de juros do período desejado;
- i_b é a taxa de juros do período a ser convertido;
- n_a é o número de períodos de referência da taxa desejada;
- n_b é o número de períodos de referência da taxa a ser convertida.

Fara facilitar as análises foi montada, no Excel, a planilha do fluxo de caixa das duas versões do projeto, com e sem mão de obra terceirizada, usando as informações dispostas acima. A Tabela 16 apresenta o valor presente líquido de cada projeto.

Tabela 16 – Valor presente líquidos das duas versões do projeto.

Projeto	Valor presente líquido
Sem mão de obra terceirizada	R\$ 240.899,96
Com mão de obra terceirizada	R\$ 230.461,78

Fonte: O autor.

Na tabela, a diferença entre os dois valores apresentados equivale exatamente ao estimado para contratação do serviço de mão de obra terceirizada (R\$ 10.438,18), pois, por compor o desembolso inicial do projeto, ele não sofre a ação dos juros no tempo.

O retorno financeiro do primeiro caso (sem contratação de mão de obra) é 192,4 % maior que o valor investido inicialmente. Isso significa que o reembolso financeiro chega a ser quase três vezes o valor despendido. No segundo caso (com contratação de mão de obra), o valor retornado é 169,9 % maior que o investido. A partir desses resultados é possível inferir que, pelo método do VPL, ambas as versões do projeto trazem retornos financeiros satisfatórios.

4.4.3.2 *Payback* descontado

O *Payback* é um indicador de retorno financeiro expresso em períodos e representa o tempo de retorno dos fluxos de caixa necessários para cobrir o investimento. Ele indica, com boa precisão e de forma indireta, o nível de risco envolvido em determinados projetos de investimento. Quanto maior for o seu valor, maior será o risco envolvido na decisão (ASSAF NETO, 2010). O ideal é que, em tempos de incerteza da conjuntura político-econômica de um país, seu valor seja o menor possível em relação ao total de períodos de retorno do projeto.

A denominação “descontado” é usada quando o custo do capital é considerado na análise – ou seja, quando os fluxos de caixa são trazidos para valor presente –, o que não ocorre no *Payback* simples. Esse fato caracteriza a principal vantagem de utilização da modalidade descontado em relação à simples. Ele é representado algebricamente pelo coeficiente ‘t’ na Equação 7.

$$I = \sum_{t=1}^T \frac{FCt}{(1+K)^t} \quad (7)$$

Na qual: FCt é o fluxo de caixa no t-ésimo período;
I é o valor do investimento inicial;
K é o custo do capital ou taxa mínima de atratividade;
t é o período.

É importante lembrar que os valores referentes ao investimento inicial, aos fluxos de caixa e à taxa de oportunidade de capital são os mesmos utilizados no cálculo do valor presente líquido (VPL). Foram feitos cálculos de *Payback* descontado, com o auxílio do *software* Excel, para as duas modalidades de projeto: com e sem contratação de mão de obra terceirizada. A Tabela 17 apresenta os valores encontrados.

Tabela 17 – Valores de *Payback* descontado para as duas versões do projeto.

Projeto	<i>Payback</i> descontado (mês)
Sem mão de obra terceirizada	36,54
Com mão de obra terceirizada	39,92

Fonte: O autor.

O *Payback* descontado é dado em períodos – meses, nesse caso – e é comumente apresentado em valores inteiros. Desse modo, a primeira versão apresenta um *Payback* de 37 períodos, enquanto a segunda de 40. Quando se comparam os valores das duas modalidades de projeto, observa-se um aumento de cerca de 9,25 % – 3,38 períodos – do segundo em relação ao primeiro. Isso ocorre devido ao fato de o investimento inicial da primeira versão (sem mão de obra terceirizada) ser menor.

Se comparados com o total de períodos de retorno financeiro do investimento (aproximadamente 136 meses), ambos os projetos seriam pagos logo após o início do terceiro ano, o que mostra quão viável é a sua realização, em ambas as versões. O uso do método *Payback* descontado permite inferir, portanto, que, independente da forma de execução, o projeto de efficientização energética da IP de Potiretama é financeiramente favorável.

4.4.3.3 Taxa interna de retorno (TIR)

Analisando mais profundamente o conceito de fluxo de caixa é possível perceber que, à medida que o custo do capital ou, simplesmente, a taxa de juros aumenta, o valor presente líquido (na data zero) diminui. A taxa interna de retorno (TIR), ou do inglês *Internal Rate of Return (IRR)*, representa o valor do custo de capital que torna o VPL nulo (BRUNI; FAMÁ, 2012).

Por considerar o valor do dinheiro no tempo, a TIR corresponde à rentabilidade do projeto expressa em termos de taxa de juros. Para que um projeto seja viável, o seu custo de capital (K) deve ser menor que a TIR. Matematicamente, ela é a taxa hipotética (i) que satisfaz a Equação 8.

$$VPL = - I + \sum_{t=1}^T \frac{FCt}{(1+i)^t} = 0 \quad (8)$$

Na qual: FCt é o fluxo de caixa no t-ésimo período;
I é o valor do investimento inicial;
i é a taxa interna de retorno (TIR);
t é o período.

Os valores referentes aos fluxos de caixa, ao investimento inicial, e ao número de períodos de retorno financeiro do projeto são os mesmos que foram definidos nesse capítulo e

usados nos cálculos de valor presente líquido e *Payback* descontado dos itens anteriores.

O cálculo do valor da TIR usa o conceito matemático de regressão linear. Em investimentos com poucas entradas de capital esse cálculo pode ser feito com o auxílio de uma calculadora científica. Em séries de múltiplos lançamentos uniformes, contudo, o processo manual se torna inviável, necessitando-se, então do auxílio de uma calculadora financeira ou do *software* Excel. Esse último mecanismo foi usado nas simulações para facilitar a obtenção dos valores. A Tabela 18 apresenta os valores encontrados para ambas as alternativas do projeto.

Tabela 18 – Valores de TIR para as duas modalidades do projeto.

Projeto	Taxa interna de retorno (%)
Sem mão de obra terceirizada	2,9585
Com mão de obra terceirizada	2,7104

Fonte: O autor.

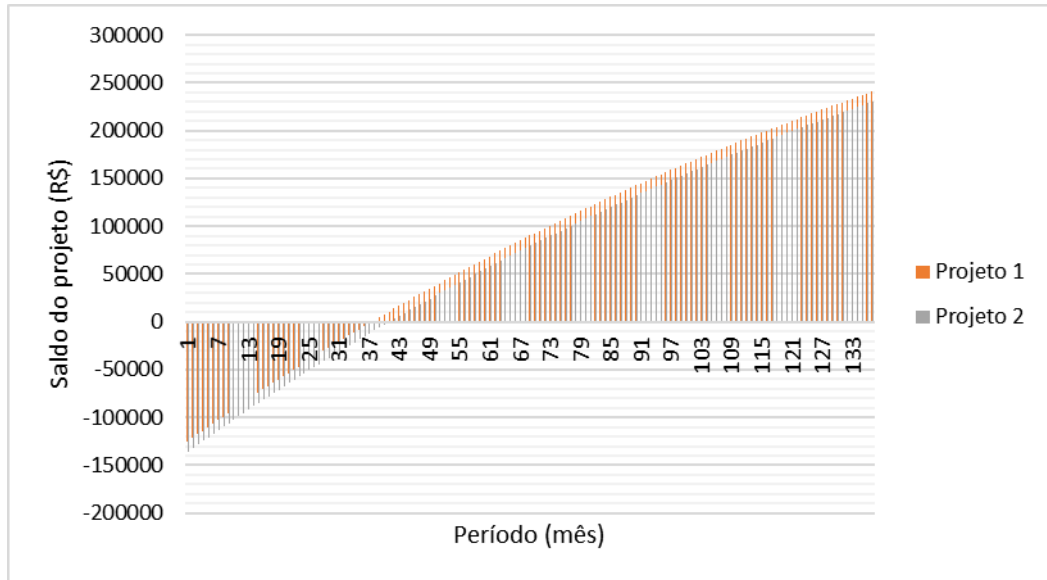
Nas simulações de valores da TIR para os dois modelos do projeto há uma variação percentual pequena entre os dois resultados. A versão que não contempla a contratação de mão de obra terceirizada apresentou maior valor, como esperado. Vale lembrar que essas taxas se referem a períodos de capitalização mensais. Casos fossem trazidas para um horizonte de tempo anual, elas corresponderiam a 41,89 % para o caso sem mão de obra e 37,84 % para o caso com mão de obra terceirizada, respectivamente. Esses valores são muito maiores que o usado como base: 6,5 % ao ano (SELIC).

O fato de ambas as taxas internas de retorno encontradas serem maiores que o custo de oportunidade de capital indica que ambas as modalidades do projeto são viáveis. Quanto maior for a diferença entre TIR e K, melhores serão os retornos financeiros trazidos pelo projeto. O uso da TIR permite afirmar, portanto, que a execução do projeto é viável, independente da sua versão.

O uso dos métodos de análise de investimentos acima mostra que, tanto em termos de montante financeiro retornado quanto em termos de períodos e taxas de retorno, o projeto de *retrofit* da iluminação pública municipal de Potiretama é viável. Em síntese, o VPL mostrou que a execução do projeto trará um capital que chega a ser quase três vezes o valor inicialmente investido, o *Payback* descontado apresentou um tempo de retorno pouco maior que três anos – curto, se comparado com os 11,3 anos de vida útil das luminárias –, e a TIR revelou que as taxas de custo de capital esperadas para o projeto são bem menores que o valor máximo estimado para elas, cerca de seis vezes.

O Gráfico 1 apresenta a projeção dos saldos financeiros das duas versões do projeto durante o seu período de vigência. Nele é possível verificar os valores de *Payback* dos VPLs de ambos os projetos.

Gráfico 1 – Projeção dos saldos financeiros dos projetos por período.



Fonte: O autor.

5 CONCLUSÃO

O processo de produção dessa monografia cumpriu os principais passos da elaboração de um trabalho acadêmico e trouxe à tona resultados satisfatórios, condizentes com as principais bibliografias que abordam iluminação pública e eficiência energética, cumprindo, dessa forma, seu objetivo inicial.

A primeira conclusão na qual se chegou foi a de que, apesar de serem dois temas muito relevantes e contemporâneos, ainda existe um número baixo de novos e bons trabalhos acadêmicos disponíveis sobre os assuntos de iluminação pública e de eficiência energética. Esses dois temas poderiam ser mais explorados em publicações acadêmicas, tendo em vista o potencial de bons resultados que eles podem trazer à sociedade de uma forma geral.

Uma segunda inferência que pode ser feita é que o valor de iluminância média mínima definida pela NBR 5101:2018 com base no nível de tráfego de automóveis e pessoas em determinado espaço público pode ser insuficiente. Por esse motivo o projeto elaborado optou por usar um valor de 20 lx, o que corresponde ao dobro do sugerido pela Norma (10 lx). Além disso, tendo em vista a atual compreensão jurídica sobre o custeio da iluminação pública, entende-se como correta a atitude da administração municipal de Potiretama/CE de custear, por fundos próprios, a IP.

Em relação ao cenário municipal os resultados deste trabalho mostraram que há um potencial de redução do consumo de energia elétrica com iluminação pública de até 50,41 %. O sistema de IP atual consome cerca de 217,02 MWh a cada ano, enquanto o projeto proposto prevê um valor de consumo anual de 107,63 MWh. Em termos financeiros, o valor economizado mensalmente com a efficientização do sistema de IP pode chegar a R\$ 3.775,88, valor que pode chegar a R\$ 45.310,56 se considerado um intervalo de tempo anual. Se comparado com o valor total pago anualmente com IP, aproximadamente R\$ 99.802,08 (R\$ 8.316,84 mensais), o montante economizado a cada ano com o novo sistema corresponde a 45,4 % desse valor.

Os indicadores de viabilidade de investimentos também atestaram a viabilidade de implementação do projeto de efficientização da IP. O projeto proposto foi orçado em R\$ 125.206,00 sem contratação de mão de obra terceirizada para instalação das luminárias e em R\$ 135.644,18 com a contratação do serviço.

O valor presente líquido (VPL) estimado para a primeira versão foi de R\$ 240.899,96, enquanto para a segunda foi de R\$ 230.461,78, o que significa que o projeto traz um retorno financeiro de quase três vezes o valor investido inicialmente.

Em termos cronológicos, a primeira modalidade de projeto apresentou um valor de *Payback* descontado de aproximadamente 37 períodos, enquanto a segunda um tempo de retorno de aproximadamente 40 períodos, o que significa que logo após o início do terceiro ano os valores investidos já são completamente retornados aos cofres da Prefeitura.

Por fim, a versão do projeto que não contempla a contratação de mão de obra terceirizada para montagem das luminárias apresentou uma taxa interna de retorno (TIR) de 2,9585 % a. m., enquanto a versão que não contempla a contratação de mão de obra apresentou uma TIR de 2,7104 % a. m. Esses valores, quando comparados a taxa SELIC do período (6,5 % anual equivalente a 0,5262 % mensal) mostram que o investimento em eficiência energética do sistema de iluminação pública de Potiretama pode trazer um retorno financeiro cujas taxas de rendimento são pelo menos cinco vezes maiores que as taxas de outros investimentos comuns disponíveis no mercado financeiro.

Conclui-se, por fim, que o investimento em eficiência energética, no caso do *retrofit* da iluminação pública de Potiretama, é extremamente vantajoso, tanto para a saúde financeira da administração municipal quanto para a melhoria da qualidade de vida da população municipal. Por ser um município de pequeno porte e, portanto, ter poucas receitas, a governo municipal pode buscar ajuda nos programas do Governo Federal, como o Reluz e o GEM, para implementar essas e outras medidas de eficiência energética no município.

Sugestões de Trabalhos Futuros

Este trabalho apresentou conteúdo diversificado e atualizado sobre os temas de iluminação pública, eficiência energética e análises financeiras. Com base nele outras monografias podem ser elaboradas, com os seguintes temas:

- Projeto de *retrofit* incluindo todas as luminárias de iluminação pública do município de Potiretama/CE;
- Análise de viabilidade financeira da instalação de uma usina solar fotovoltaica para alimentação das luminárias de iluminação pública no município de Potiretama/CE;
- Projeto de *retrofit* nas escolas da rede em ensino do município de Potiretama/CE;
- Projeto de formação de técnicos em eficiência energética do município de Potiretama/CE;
- Análise financeira das linhas de crédito disponíveis para investimentos em projetos de eficiência energética em pequenos municípios brasileiros.

REFERÊNCIAS

- ABNT. **NBR 5101: Iluminação pública – Procedimentos**. Rio de Janeiro, 2018.
- ABNT. **NBR 5101-1: Iluminação pública – Procedimentos (emenda)**. Rio de Janeiro, 2018.
- ANEEL. **Resolução Normativa N° 414**. Brasília, 2010.
- ASSAF NETO, A. **Finanças corporativas e valor**. 5ª. Ed. São Paulo: Atlas, 2010.
- BRUNI, A. L.; FAMÁ, R. **A matemática das finanças com aplicações na HP12C e Excel**. 3ª. Ed. São Paulo: Atlas, 2008.
- BRUNI, A. L.; FAMÁ, R. **As decisões de investimentos com aplicações na HP12C e Excel**. 3ª. Ed. São Paulo: Atlas, 2012.
- CLIMATEMPO. **Potiretama-CE**. Acesso em 02 de novembro de 2018. Disponível em <<https://www.climatempo.com.br/climatologia/5630/potiretama-ce>>.
- COPEL. **Manual de Iluminação Pública**. 2012. Acesso em 25 de novembro de 2018. Disponível em <[http://www.copel.com/hpcopel/root/pagcopel2.nsf/0/F5F8DB1E97503339032574F1005C8FF9/\\$FILE/MANUAL_IP_20120816.pdf](http://www.copel.com/hpcopel/root/pagcopel2.nsf/0/F5F8DB1E97503339032574F1005C8FF9/$FILE/MANUAL_IP_20120816.pdf)>.
- COSTA, G. J. C. da. **Iluminação Econômica: cálculo e avaliação**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2006.
- ELETROBRAS. **Guia orientativo para iluminação com tecnologia LED**. Rio de Janeiro/RJ, 2017.
- ELETROBRAS. **Resultados PROCEL 2018 – Ano base 2017**. Rio de Janeiro/RJ, 2018.
- ENEL. **Norma técnica NT-007/2015 R-06: Fornecimento de energia elétrica para iluminação pública**. Fortaleza, 2015.
- EPE. **Balanco Energético Nacional 2018 – Ano base 2017**. Rio de Janeiro/RJ, 2018.
- FUNCEME. **Potiretama**. Acesso em 01 de novembro de 2018. Disponível em <<http://www.funceme.br/app/calendario/produto/municipios/media/anual?data=2017-1-1>>.
- IBGE. **Potiretama**. Acesso em 02 de novembro de 2018. Disponível em <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ce/potiretama/panorama>>.
- INMETRO. **Luminárias para Iluminação Pública Viária – PT Inmetro n° 20/2017**. Acesso em 05 de novembro de 2018. Disponível em <<http://www.inmetro.gov.br/prodcert/certificados/lista.asp>>.
- INMETRO. **Tecnologia LED e inovação em Iluminação Pública**. Acesso em 03 de novembro de 2018. Disponível em <<http://www.inmetro.gov.br/ciebrasil/docs/Tecnologia-LED-e-Inovacoes-em-Iluminacao-Publica.pdf>>.

IPECE. **Painel de Indicadores Sociais e Econômicos: Os 10 maiores e os 10 menores municípios cearenses – 2017**. Acesso em 01 de novembro de 2018. Disponível em <http://www.ipece.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/45/2015/03/Painel_Indicadores_2017.pdf>.

IPECE. **Perfil Municipal 2017 – Potiretama**. Acesso em 01 de novembro de 2018. Disponível em <http://www.ipece.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/45/2018/09/Potiretama_2017.pdf>.

JORNAL OPOVO. **94 % das cidades do Ceará já assumiram iluminação pública**. Publicada em 15 de dezembro de 2017. Acesso em 21 de novembro de 2018. Disponível em <<https://www.opovo.com.br/jornal/economia/2017/12/94-das-cidades-do-ceara-ja-assumiram-iluminacao-publica.html>>.

MME. **Iluminação Pública Municipal – Orientações para gestores municipais**. Brasília/DF, 2018.

MME. **Plano Nacional de Eficiência Energética – Premissas e Diretrizes Básicas**. Brasília/DF, 2011.

MME. **Plano Nacional de Energia 2030 – Caderno 11: Eficiência Energética**. Brasília/DF, 2007.

PRÄKEL, D. **Iluminação**. 2ª Ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

PMP. **História do município**. Acesso em 23 de novembro de 2018. Disponível em <<https://potiretama.ce.gov.br/omunicipio.php>>.

PROCEL. **Manual de Iluminação Eficiente**. 1ª. Ed. 2002. Acesso em 25 de novembro de 2018. Disponível em <http://www.cqgp.sp.gov.br/gt_licitacoes/publicacoes/procel%20predio_pub_manual_iluminacao.pdf>.

REVISTA O ELETRICISTA. **Norma IEC 60364-8-1: Novo capítulo na redefinição de edifícios eficientes**. Ed. 57. 2016. Pág. 6. Acesso em 20 de novembro de 2018.

REVISTA O SETOR ELÉTRICO. **As origens da iluminação pública no Brasil**. Publicado em janeiro de 2009. Acesso em 23 de novembro de 2018. Disponível em <http://www.osetor-eletrico.com.br/wp-content/uploads/2012/11/Ed36_fasc_IP_cap1.pdf>.

RIBEIRO, Z. B. **Parâmetros para análise de projetos de eficiência energética em eletricidade**. 2005. 127 f. Dissertação (Programa Interunidades de Pós-graduação em Energia), PIPGE/USP, São Paulo, 2005.


SALÁRIO. **Salário de Eletrotécnico 2018**. Acesso em 12 de novembro de 2018. Disponível em <<https://www.salario.com.br/profissao/eletrotecnico-cbo-313105/>>.

SALÁRIO. **Salário de Técnico em Manutenção Elétrica 2018**. Acesso em 12 de novembro de 2018. Disponível em <<https://www.salario.com.br/profissao/tecnico-de-manutencao-eletrica-cbo-313120/>>.

SILVA, L. L. F. da. **Iluminação Pública no Brasil: Aspectos energéticos e institucionais.** 2006. 172 f. Dissertação (Programa de Planejamento Energético). Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, 2006.

VERAS, A. A. **Eficiência energética nas escolas públicas do estado do Acre: Estudo de caso da Escola Glória Peres.** 2010. 99 f. Dissertação (Mestrado em Regulação da Indústria de Energia), DEAR/UNIFACS, Salvador, 2010.

ANEXO A – MATERIAL DA IP DE POTIRETAMA/CE (06/2018)



uma empresa endesa brasil

Esta é a sua conta de

JUN/2018

Utilize o nº abaixo sempre que entrar em contato conosco

nº do cliente
2729165 0

vencimento
20/07/2018

total a pagar (R\$)
8.316,84

Nota Fiscal - Conta de Energia Elétrica Grupo B.1 Série B-4.1 N° 531451386
Rua Padre Valdevílio, 130 | CEP 60133-040 Fortaleza CE
CNPJ 02.042.251/0001-70 CPF 06.703.349-3
A Tarifa Social de Energia Elétrica foi criada pela Lei n° 10.438, de 26 de abril de 2002

DADOS DO CLIENTE
Rota 28 17050-98 001900-4 Medidor 0 Posse 0000 GRUPO: 578001
Nome PM POTIRETAMA IL PUBLICA B4A
Endereço-Postal RU PE NEGREIROS 09999 - POTIRETAMA CEP 62990-000

Est. da Unidade RU PE NEGREIROS 09999
Consumidora

RG/CPF/CNPJ 012461653/0001-57 CGF
Classe ILP MONOFASICO Fator de Potência

INFORMAÇÕES SOBRE LEITURA E CONSUMO

Leitura Atual	Leitura Anterior	Consumo	Consumo (kWh)	Consumo (R\$)	Consumo Faturado
0	0	0	18433	18433	18433

DIAS: 31/05/18 30/04/18 31

DESCRIÇÃO DA CONTA

Descrição da Conta	Quantidade	Tarifa	Valor (R\$)
VALOR CONSUMO DO MES	18433	0,40838	7.490,80
ADICIONAL BANDEIRA VERMELHA MES [R\$ 256,73]			
IMPORTE P/AGRUPAMENTO CONTAS			826,04

DATAS DE LEITURA

Data de Emissão/Apresentação	Próx. Próxima Leitura
03/07/2018	30/06/2018

ÁREA RESERVADA AO FISCO

0077.4BAE.3BAE.DF06.719C.4F4E.5813.F35C

ICMS

Base de Cálculo (R\$)	Alíquota	Valor Imposto
8.316,84	27,00%	2.245,53

COMPOSIÇÃO DO VALOR DE CONSUMO

INDIC. DE QUALIDADE DO FORNECIMENTO
Veja a legenda no verso desta conta.

Conjunto: ABR/2018

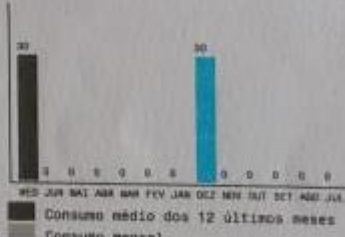
Mês	Padrão Individual		Aparição Individual	
	Mensal	Trm. Anual	Mensal	Trm. Anual
DEC (h)	0,00	0,00	0,00	0,00
DEC (min)	0,00	0,00	0,00	0,00
DMC (h)	0,00	0,00	0,00	0,00

CONSUMO CONSCIENTE - EMISSÕES DE CO₂ (Kg/kWh)
Maximizar sua eficiência pelo consumo de energia elétrica proveniente de fontes renováveis.

Emitido (CO ₂)	Compensado (CO ₂)	Consciência Ecológica (% CO ₂)
		100

informações importantes e avisos de vencimento

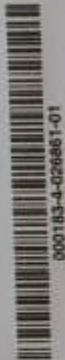
HISTÓRICO DE CONSUMO (últimos 12 meses)



Consumo médio dos 12 últimos meses
Consumo mensal

Conta desta fatura R\$ 425,88, referentes a PIS e COFINS. Alíquotas: PIS: 0,65% e COFINS: 3,0% (Art. 9. Res. 100/2005 - ANEL e leis n. 10.637/02 e 10.633/03)

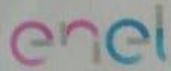
Nº do Cliente: 2729165-0 N° da Nota Fiscal: 531451386 Total A Pagar (R\$): 8.316,84
Data de Emissão: 28/06/2018 Referência: JUN/2018 N° de Controle: 0002729165 00176 56872 68
83840000083-9 16840031000-2 00027291650-1 01765687268-8



000183-4-026861-01

enel-00000-000003-amf-PS--FDL-1183

183
196



QUADRO DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA - QIP
PREFEITURA MUNICIPAL DE POTIRETAMA

Referência:

Período: 01/05/2018 A 31/05/2018

Dias/Horas: 31 dias /367,88 horas

UNIDADE CONSUMIDORA - 2729165 - B4A - Grupo 578

SÓDIO			QUANTIDADE ATUAL	CONSUMO(kWh) ATUAL
DESCRIÇÃO	POTÊNCIA (W)	PERDAS		
LAMPADA VAPOR SÓDIO 70 W - IP	70	0.214	357	11.161
LAMPADA VAPOR SÓDIO 250 W - IP	250	0.148	67	7.074
TOTAL SÓDIO			424	18.235
MERCURIO			QUANTIDADE ATUAL	CONSUMO(kWh) ATUAL
DESCRIÇÃO	POTÊNCIA (W)	PERDAS		
LAMPADA VAPOR MERCURIO 80 W - IP	80	0.120	6	198
TOTAL MERCURIO			6	198
TOTAL B4A			430	18.433
TOTAL MUNICÍPIO			430	18.433

COMPANHIA ENERGETICA DO CEARA										REFERENCIA		201806					
RELAÇÃO DE FATURAMENTO DO SUBGRUPO 578001 PM POTIRETAMA IP										VENCIMENTO:		20/07/2018					
CONTA	NOME	CLIENTE	TFCLSTR	CTE	IR	ENDEREÇO LEITURAS		CONSUMO	IMPORTE	PARCELA	TAXA IL. PUBLICA	TAXA SERVIÇO	TOTAL FAT.	AJUSTES	ICMS	NUM.MEDIDOR	
						ANTER	ATUAL	KWH		DEBITO							
PM POTIRETAMA ILUMINACAO PUBLICA																	
25000	922421 1 95 0622			10		0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0	0	0
PM POTIRETAMA IL PUBLICA B4A																	
15004	2729165 0 94 0621			0		0	0	0	7.490,80	0	0	0	7490,8	0	2022,51	0	0
PMP PAREDE DO ACUDE BOM JARDIM																	
1105005	4463734 9 94 0621			11627		93610	96637	1827	777,68	0	0	0	777,68	0	209,97	0	4477648
PMP IP PRACA RUA SAO FRANCISCO																	
725004	4834484 2 94 0621			1116		30334	30450	116	48,36	0	0	0	48,36	0	13,05	0	4569269
TOTAL DO SUBGRUPO 578001 PM POTIRETAMA IP																	
N. CONSUMIDORES 4																	
CONSUMO FATURADO 1.943																	
TOTAL IMPORTE 8.316,84																	
TOTAL IP 0,00																	
TOTAL PARCELAMENTOS 0,00																	
TOTAL TAXAS DE SERVIÇO 0,00																	
JUROS E ACRÉSCIMOS: 0,00																	
TOTAL FATURADO 8.316,84																	
TOTAL IMPOSTOS 2.245,53																	

Fonte: PMP (2018).