



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
ESCOLA DE MINAS
COLEGIADO DO CURSO DE ENGENHARIA DE
CONTROLE E AUTOMAÇÃO - CECAU**



Émerson Silva Baliza

**OTIMIZAÇÃO DA ILUMINAÇÃO PÚBLICA UTILIZANDO SISTEMAS DE
CONTROLE E AUTOMAÇÃO**

**MONOGRAFIA DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE CONTROLE E
AUTOMAÇÃO**

Ouro Preto – MG, 2016

ÉMERSON SILVA BALIZA

**OTIMIZAÇÃO DA ILUMINAÇÃO PÚBLICA UTILIZANDO SISTEMAS DE
CONTROLE E AUTOMAÇÃO**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Controle e Automação da Universidade Federal de Ouro Preto como parte dos requisitos para a obtenção do Grau de Engenheiro de Controle e Automação.

Orientador: Prof. Luíz Fernando Rispoli Alves

**Ouro Preto
Escola de Minas – UFOP
Agosto de 2016**

B186o Baliza, Êmerson Silva.
Otimização da iluminação pública utilizando sistemas de controle e automação
[manuscrito] / Êmerson Silva Baliza. - 2016.

39f.: il.: color; tabs.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Fernando Rísoli Alves.

Monografia (Graduação). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Departamento de Engenharia de Controle e Automação e Técnicas Fundamentais.

1. Iluminação - Controle automático. 2. Iluminação - Eficiência (Serviço público). 3. Diodos emissores de luz. 4. Iluminação - Segurança pública. I. Alves, Luiz Fernando Rísoli. II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU: 681.5

Catálogo: ficha@sisbin.ufop.br

Monografia defendida e aprovada, em 05 de agosto de 2016, pela comissão avaliadora constituída pelos professores:



Prof. Dr. Luiz Fernando Rísoli Alves - Orientador



Prof. Dr. Paulo Marcos de Barros Monteiro – Professor Convidado



Prof. Dr. Sávio Augusto Lopes da Silva – Professor Convidado

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus, por me dá força e condições para buscar os meu objetivos. Ao meu pai e minha mãe por lutar tanto para que eu alcançasse esse momento. À toda minha família e amigos que me apoiaram durante todo o curso. À Marina, pelo companheirismo e por me passar toda calma nos momentos nervosos e complicados. À minha casa, República Boite Casablanca, pelos ensinamentos e laboratório de vida.

Agradeço à Escola de Minas – UFOP, seus funcionários, e todos os seus mestres por me passarem o conhecimento mais que necessário para durante a vida acadêmica. Agradeço, especialmente, os professores Rispoli, Paulo Monteiro e Sávio por me apresentarem a energia como oportunidade de trabalho e diversão.

"O desenvolvimento humano depende fundamentalmente da invenção. É o produto mais importante de seu cérebro criativo. Seu objetivo final é o completo domínio da mente sobre o mundo material e aproveitar as forças da natureza para as necessidades humanas."

Nikola Tesla

RESUMO

Neste trabalho buscou-se um estudo teórico acerca de soluções para o setor de Iluminação Pública que após alterações nas normas que a regem passa por inúmeras discussões, propondo ideias e alternativas, objetivando um desenvolvimento da mesma, agregando eficiência energética, agilidade e facilidade em sua manutenção, e propiciando segurança aos seus usuários. Foi abordada a importância histórica desde sua criação, como ela chegou ao Brasil, e como ela vem sendo tratada perante as organizações que controlam sua geração e distribuição. O que as recentes alterações nas normas vigentes dizem e o que acarretam. Foram apresentadas ideias que podem e devem ser aplicadas, como os sistemas de controle e automação para telegestão, os novos equipamentos que podem e devem ser inseridos nos projetos de iluminação pública, como as luminárias LED, e a utilização de fontes alternativas de energia nas instalações do setor, como os postes solares e os postes híbridos. Por fim, foi mostrado, ainda que hipoteticamente, a viabilidade financeira de projetos inteligentes no setor de iluminação, apresentando uma proposta de dimerização em trechos de rodovias em horários de baixo fluxo.

Palavras chave: Iluminação pública inteligente, eficiência energética, LED, telegestão, segurança.

ABSTRACT

In this paper we sought a theoretical study on solutions for the Public Lighting sector after changes in the rules that govern it goes through numerous discussions, proposing ideas and alternatives, aiming for a development of the same, adding energy efficiency, agility and ease in your maintenance, and providing security to its users. The historical importance has been addressed since its inception, as she arrived in Brazil, and how it has been treated before the organizations that control their generation and distribution. What recent changes in the current regulations say and what they entail. Ideas were presented that can and should be applied, such as control and automation systems for remote management, new equipment that can and should be inserted in public lighting projects, such as LED lighting, and the use of alternative energy sources on site industry, such as solar post and hybrid poles. Finally, it was shown, albeit hypothetically, the financial viability of intelligent design in the lighting industry, presenting a proposal for dimerization on stretches of roads in low-flow zones.

Keywords: Public Lighting Smart, energy efficiency, LED, remote management, dimerization.

LISTA DE SIGLAS

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica

CE – Ceará

CEMIG - Companhia Energética de Minas Gerais

IP – Iluminação pública

IRC – Índice de reprodução de cor

LED - Light Emitting Diode

MG – Minas Gerais

PUCRS - Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul

RDA – Rede de distribuição aérea

RDS – Rede de distribuição subterrânea

RJ – Rio de Janeiro

RS – Rio Grande do Sul

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Acendedores de Lampião, C.1900 – 1910, Porto Alegre	15
Figura 2 – Montagem padrão de iluminação pública	24
Figura 3 - Arquitetura do sistema	26
Figura 4– Parque de Iluminação	27
Figura 5– Luminária LED Philips EssentialLine BBP110	28
Figura 6– Sonsonate - Panamá	29
Figura 7 - Travessia das pontes Colombo Machado Salles e Pedro Ivo Campos	29
Figura 8 – Lagoa Rodrigo de Freitas com iluminação LED.....	30
Figura 9 – Postes solares na Praça Nossa Senhora do Carmo, em São Luís – MA.....	31
Figura 10 – Arquitetura do Produtor Independente de Energia.....	32

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
1.1. Origem do trabalho	10
1.2. Objetivos	11
1.2.1. Objetivo Geral	11
1.2.2. Objetivos Específicos	11
1.3. Justificativa do trabalho	12
1.4. Metodologia	13
1.5. Estrutura do trabalho	13
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	14
2.1. A história da iluminação pública	14
2.2. A iluminação pública no Brasil	15
2.3. Terminologia.....	17
2.4. Regulamentação da iluminação pública no Brasil	20
2.5. ABNT NBR 5101/2012 – Iluminação Pública	21
2.6. Resolução Normativa nº 414/2010 da ANEEL	23
2.7. Alternativas para Municípios devido alterações no setor de IP	25
2.7.1. Telegestão da IP.....	25
2.7.2. Equipamentos e materiais – Tecnologia LED	28
2.7.3. Energias alternativas aplicadas à IP.....	30
3. ESTUDO DE CASO	33
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	36
4.1. Trabalhos futuros	37
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38

1. INTRODUÇÃO

“Iluminação Pública: 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.” (Agencia Nacional de Energia Elétrica).

Esta definição, dada pela agência controladora da energia elétrica no Brasil, limita a iluminação pública, visto a importância que lhe deve ser dada. Desde sua origem, a iluminação pública é vista como sinônimo de segurança, e caráter importantíssimo para o desenvolvimento local.

Após mudanças nas regras de distribuição e responsabilidade da iluminação pública, os municípios possuem um desafio, a adequação do sistema de iluminação em seu orçamento, sem comprometimento da segurança pública e do desenvolvimento que pode ser propiciado por ele. Uma iluminação pública de qualidade, passa ao cidadão uma maior sensação de segurança e conforto. Para o local, quando bem iluminado, há uma valorização de sua imagem.

Sistemas de controle bem dimensionados e que possibilitem uma telegestão¹ podem ser a solução para esses municípios, visto que podem atuar de forma segura na manutenção e controlar todo o sistema a fim de se obter uma grande eficiência energética, sempre implementando materiais e equipamentos condizentes com a necessidade.

Por meio de um aprofundamento bibliográfico, este estudo busca apresentar soluções para estes municípios, prezando a qualidade de serviço e assim a qualidade de vida das pessoas envolvidas. Qual método a ser utilizado, onde e como, é a questão a ser resolvida.

1.1. Origem do trabalho

Motivado pela disciplina CAT - 335 Instalações Elétricas, ministrada pelo professor Luiz Fernando Rispoli Alves, em que foram apresentadas as alterações nas resoluções normativas

¹ Ferramenta utilizada para gerir, controlar e monitorar redes de iluminação pública remotamente.

relativas à iluminação pública (IP) e as possibilidades de trabalhos com a mesma, surgiu a ideia de realizar um estudo de aplicações relacionadas aos projetos de instalações da iluminação pública.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo Geral

Apresentar modelos de implantação, otimização, controle e automação dos projetos de iluminação pública, visando a segurança de motoristas e pedestres que trafegam nas vias, buscando aumentar a eficiência energética, e facilitar a logística de manutenção das instalações.

1.2.2. Objetivos Específicos

Com o intuito de compreender melhor o assunto de modo a alcançar o objetivo geral, foram definidas algumas metas específicas. São elas:

- Demonstrar aplicação de dispositivos para gestão e controle da iluminação pública em seus vários segmentos;
- Reduzir o desperdício energético, aumentando a eficiência da iluminação pública no planejamento de projetos inteligentes, utilizando materiais e equipamentos mais adequados;
- Demonstrar aplicação de energias alternativas na iluminação pública, e novidades desenvolvidas com o intuito de melhorar a iluminação pública (IP);

1.3. Justificativa do trabalho

No Brasil, iniciou-se um grande debate no que diz respeito à iluminação pública. Sempre alvo de críticas em alguns locais devido à sua má administração e mau uso, a iluminação pública sobressai-se desde a publicação da Resolução Normativa nº 414/2010 da ANEEL – Condições Gerais de Fornecimento de Energia Elétrica, resolução esta que atribui às responsabilidades do setor de iluminação pública aos municípios.

A melhor utilização da energia elétrica é de grande interesse em todos os setores. Na iluminação pública não é diferente. Muito se fala de crises energéticas ao longo dos anos e da necessidade de aproveitá-la de forma mais consciente, evitando gastos desnecessários. Com o crescimento de cidades e, conseqüentemente, uma necessária ampliação da iluminação pública, deve-se buscar a eficiência energética em sua utilização. É necessário estudos de como desenvolver essa eficiência por meio de controle e ações pontuais. Aqui a engenharia de controle e automação, em conjunto com outras áreas, toma parte e busca melhores soluções de acordo com o ambiente a ser trabalhado.

Em conjunto com o conceito de eficiência energética, deve-se trabalhar a iluminação pública para o seus grandes fins, sendo esses a segurança e o desenvolvimento local. Estudos já mostraram que uma iluminação pública de qualidade retorna a população local uma maior segurança, logo, está ligada à redução da criminalidade.

Uma iluminação pública de qualidade também está ligada ao desenvolvimento social e econômico do local, apresentando-o com uma melhor imagem, assim favorecendo turismo, o comércio e o lazer noturno, entre outros.

Essa eficiência energética e de qualidade buscada tornam-se possíveis e presentes à medida que novos materiais e equipamentos são desenvolvidos e melhorados, sendo aplicados à iluminação pública. Em conjunto, a inovação em medidas de controle e automação do processo de iluminação em si, torna-se fator determinante para alcançar esses objetivos. A aplicação de sistemas de telegestão é um exemplo que permite um melhor controle da iluminação pública nos locais aplicados.

A telegestão busca facilitar a manutenção e controle dos pontos de iluminação. De forma que acelere os diagnósticos através da aquisição de dados relativos aos componentes utilizados na

instalação, sendo possível analisar, por exemplo, tensão, acionamento, dimerização e “saúde” dos equipamentos.

1.4. Metodologia

Em conforme com o objetivo a ser alcançado com o trabalho, a metodologia utilizada foi um levantamento bibliográfico - em livros, artigos, revistas e internet, - de possíveis técnicas e soluções, bem como seus materiais e características, que busquem a eficiência da iluminação pública e uma melhor gestão da mesma, seguindo suas normas técnicas e padrões exigidos.

1.5. Estrutura do trabalho

O presente trabalho é composto da seguinte estrutura:

No primeiro capítulo – Introdução - é feita uma apresentação das ideias e problemas que estão relacionados ao tema, bem como os objetivos, e a metodologia utilizada.

No segundo capítulo – Revisão Bibliográfica - é feito o levantamento bibliográfico para embasar o trabalho, aprofundando os problemas, e apresentando conceitos, ideias.

No terceiro capítulo – Estudo de caso - é apresentado um exercício hipotético, para análise das ideias apresentadas para solucionar os problemas.

No quarto capítulo – Conclusão - são realizados comentários relativos ao problema apresentado e suas possíveis soluções.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. A história da iluminação pública

A evolução humana está diretamente ligada à utilização da luz natural e artificial, visto que a visão está relacionada ao desenvolvimento do cérebro desde as formas de vida mais primitivas. Um dos fatores utilizados para avaliar o desenvolvimento de uma sociedade é o nível de iluminação disponível (VASCONCELLOS & LIMBERGER, 2013).

Há indícios, que iluminação pública tem sua primeira aparição por volta de 1415, na Inglaterra, quando comerciantes locais preocupados com a incidência de assaltos e alta criminalidade solicitaram alguma providencia. Registros indicam ainda que Paris (França), em 1662, foi a primeira cidade a ter um serviço público de iluminação, composto por luminárias a azeite e velas de cera. Esta iluminação acabou proporcionando uma sensação de segurança não existente anteriormente, assim aumentando o número de pessoas nas ruas e incrementando as atividades comerciais até horários mais avançados (VASCONCELLOS & LIMBERGER, 2013).

Nos Estados Unidos, em 1879, foram instaladas as primeiras lâmpadas elétricas para iluminação pública. Um conjunto de doze lâmpadas a arco voltaico foi instalado na Public Square, Cleveland. Somente no século XX os sistemas elétricos tornaram-se confiáveis o suficiente para que apenas lâmpadas elétricas fossem utilizadas. Até então o sistema de iluminação pública era misto, composto por lâmpadas elétricas, alternadas com lampiões a combustível (CLDC, 2005).

Ao longo da história, percebe-se então que a iluminação pública está associada à sensação de conforto e segurança da população nas ruas, sensação essa devido a possível identificação de objetos e pessoas, bem como desenvolvimento local com o aumento das atividades comerciais noturnas, o que acabou alterando os hábitos da sociedade e seu modo de vida (VASCONCELLOS & LIMBERGER, 2013).

2.2. A iluminação pública no Brasil

Os primeiros sinais de iluminação pública no Brasil apresentam-se em meados do século XVIII, na cidade Rio de Janeiro, quando em 1794, foram instaladas 100 luminárias a óleo de azeite nos postes da cidade.

VASCONCELLOS & LIMBERGER, (2013), apresentam os principais fatos que nos remetem a história e evolução da iluminação pública no Brasil:

- No início do século XX, há registros de acendedores de lampiões em Porto Alegre (Figura 1). Nesta mesma cidade, em 1874, com a inauguração da usina do gasômetro, a Praça da Matriz recebeu postes de iluminação a gás em torno de seu chafariz central.



Figura 1 - Acendedores de Lampião, C.1900 – 1910, Porto Alegre

Fonte: Acervo Museu Afro Brasil (Virgílio Calegari).

- A primeira instalação permanente no Brasil se dá também no Rio de Janeiro, em 1879, com a iluminação Estação Central da Estrada de Ferro Dom Pedro II (Central do Brasil).
- Em 1883, a cidade de Campos – RJ inaugura o serviço público de iluminação elétrica.
- Em 1887, em Porto Alegre – RS, após o início de operação de uma usina elétrica é criado um serviço municipal de energia elétrica, que foi replicado à outras cidades.

- A primeira usina hidrelétrica de grande porte da América do Sul, Usina de Marmelos, é inaugurada em Juiz de Fora – MG em 1889.
- No início do século XX com as usinas hidrelétricas Edgard de Souza, em São Paulo (1901), de Fontes, no Rio de Janeiro (1907), de Delmiro Gouveia, em Alagoas (1913) a oferta de energia elétrica aumentou, o que possibilitou uma maior disseminação da iluminação pública.
- Em 1912, iniciou-se a utilização de energia elétrica em Fortaleza – CE. De 1886 a 1935, era consolidada a utilização de lâmpões a gás no sistema de iluminação pública, nesta cidade.
- Na década de 1930, São Paulo começa a iluminar seus logradouros com lâmpadas incandescentes. Na de 1950, inicia-se uma substituição por lâmpadas fluorescentes. A partir da década de 1960, as lâmpadas de descargas passam a ser utilizadas em larga escala, inicialmente as de vapor de mercúrio (inventadas em 1931), as de vapor de sódio (1962), e a vapor metálico (1964).
- No aterro do Flamengo, na cidade do Rio de Janeiro, em 1965, são instaladas lâmpadas de vapor de mercúrio com potencia de 1000 W.
- Em 1977 lâmpadas de vapor de sódio são instaladas na via Anchieta, em São Paulo.
- Em 1985 foi criado o Programa Nacional de Energia Elétrica (Procel), pelo Governo Federal. Dentro de sua área de atuação está a iluminação pública, por meio do Procel RELUZ, programa que é responsável pelo remodelamento dos sistemas e ganhos energéticos, econômicos e sociais.
- Em 2010, o Núcleo de iluminação moderna da Universidade Federal de Juiz de Fora iniciou estudos de aplicação de luminárias equipadas com LEDs na iluminação pública (IP), realizando testes em seu próprio Campus. Estudos como estes deram início a utilização de LEDs na IP em planos pilotos e experiências com sistemas de telegestão.
- Resolução Normativa Nº 414/2010, que acabou renovada em 2012, transferindo ativos da iluminação pública, além da responsabilidade de prestar os serviços de iluminação, às prefeituras municipais.

Os últimos acontecimentos estão relacionados ao investimento e normalização da aplicação e utilização da iluminação pública (IP). Estes nos ajudam a discutir sobre como deve ser tratado, pelos municípios, este serviço que tem caráter essencial na vida da população.

Na sequência do trabalho será apresentada como se deu essa regulamentação no Brasil, mas antes é necessário apresentarmos a terminologia relacionada à IP.

2.3. Terminologia

O Manual de Distribuição: Projetos de Iluminação Pública da Cemig (Cemig, 2012), norma que tem por objetivo estabelecer os critérios básicos para projetos de iluminação pública, de modo a garantir as condições técnicas e econômicas básicas para a iluminação de vias e praças públicas, nos apresenta em seu capítulo 2 a terminologia necessária para nos ambientar dos conceitos ligados à iluminação pública (IP).

Entre esses conceitos, estão:

- Acomodação: Ajustamento da convergência do cristalino do olho, para que a imagem de um objeto, a uma distância, se focalize sobre a retina.
- Acuidade visual: Em sentido qualitativo, é a capacidade de ver distintamente finos detalhes que tem uma separação angular muito pequena.
- Adaptação: Processo pelo qual o sistema visual é modificado pela exposição a estímulos, prévios e presentes, com iluminâncias, distribuições espectrais e extensões angulares variáveis.
- Classificação viária: A classificação das vias passou a seguir o Código de trânsito brasileiro:
 - I. Vias urbanas: São caracterizadas pela existência de construções à sua margem e pelo tráfego motorizado e de pedestres, em maior ou menor escala. São ruas, avenidas, vielas, e similares abertos à circulação pública, situados na área urbana.
 - i. Vias de trânsito rápido: Avenidas e ruas asfaltadas, exclusivas para tráfego motorizado, onde não há predominância de construções, baixo trânsito de pedestres e alto trânsito de veículos. É caracterizada por acessos especiais com trânsito livre, sem interseções em nível, sem acessibilidade direta aos lotes lindeiros² e sem travessia de pedestres em nível.
 - ii. Via arterial: Via exclusiva para tráfego motorizado, que se caracteriza por grande volume e pouco acesso de tráfego, várias pistas, cruzamentos em dois planos, escoamento contínuo, elevada velocidade de operação e estacionamento proibido na pista.

² Ao lado de; vizinho;

- iii. Vias coletora e central: Vias destinadas a coletar e distribuir o trânsito que tenha necessidade de entrar ou sair das vias de trânsito rápido ou arteriais, possibilitando o trânsito dentro das regiões da cidade.
 - iv. Via local: Via que permite acesso às edificações e outras vias urbanas, com grande acesso e pequeno volume de tráfego.
- II. Vias rurais: Vias mais conhecida como estradas de rodagem e que nem sempre apresentam, exclusivamente, tráfego motorizado.
- i. Rodovia: Via para tráfego motorizado, pavimentada, com ou sem acostamento, com tráfego de pedestres. Essa pode ter trechos classificados como urbanos.
 - ii. Estrada: Via para tráfego motorizado, com ou sem acostamento, com tráfego de pedestres. Essa pode ter trechos classificados como urbanos e não é pavimentada.
- III. Vias e áreas de pedestres: Vias ou conjunto de vias destinadas à circulação prioritária de pedestres.
- Ciclovía: Pista destinada à circulação de bicicletas, separada fisicamente do tráfego comum.
 - Ciclofaixa: Parte da pista de rolamento, separada por faixa e delimitada por sinalização específica, destinada à circulação exclusiva de bicicletas.
 - Coeficiente de reflexão: Este coeficiente representa a relação entre o fluxo luminoso incidente e o fluxo luminoso refletido. Ele depende fundamentalmente das qualidades refletoras do material a ser iluminado.
 - Dimerização: Redução gradual e controlada do nível de iluminância através de equipamentos pré-programados ou com gerenciamento remoto.
 - Eficiência luminosa de uma fonte de luz (η): Razão do fluxo luminoso emitido, para a potência consumida pela fonte. A unidade é lumen por Watt (lm/W).

$$\eta = \frac{\Phi (lm)}{P (W)}$$

- Fator de depreciação da luminária: É a perda luminosa considerando o acúmulo de sujeira no interior do grupo ótico da luminária e varia de acordo com o grau de proteção da mesma.
- Fator de depreciação da instalação: É a perda luminosa considerando as condições de sujeira e poluição onde o projeto estará inserido.

- Fluxo luminoso (Φ): Grandeza derivada do fluxo radiante pela avaliação da radiação de acordo com a ação sobre o observador fotométrico padrão CIE. A unidade é lúmen (lm).
- Iluminação pública convencional: Iluminação pública cujas instalações, critérios de projeto e equipamentos devem estar de acordo com as normas e padrões estabelecidos.
- Iluminação pública especial: Os projetos especiais de iluminação são aqueles alimentados por RDS, onde os postes utilizados são exclusivos para a iluminação pública.
- Iluminação pública fora de padrão: Iluminação pública cujas instalações, critérios de projeto e equipamentos não estão de acordo com as normas e padrões estabelecidos.
- Iluminação pública em segundo nível: Iluminação pública específica para pedestres que utiliza os postes de rede aérea ou subterrânea.
- Iluminância em um ponto de uma superfície (E): É o limite da razão do fluxo luminoso recebido pela superfície em torno de um ponto considerado, para a área da superfície quando esta tende para o zero.

$$E = \frac{\Phi \text{ (lm)}}{A \text{ (m}^2\text{)}}$$

- Índice de reprodução de cor (IRC): Caracteriza a capacidade de reprodução de cores dos objetos iluminados por uma fonte luz. O IRC proporciona uma indicação da capacidade da fonte de luz para reproduzir padrão de cores em comparação com a reprodução prevista por uma luz padrão.
- Intensidade luminosa (I_p): É a intensidade do fluxo luminoso projetado em uma determinada direção. A unidade é candela (cd).

$$I_p = \frac{D_p \Phi}{d\Omega}$$

- Luminária: As luminárias são equipamentos destinados a receber uma lâmpada, proporcionando proteção, conexão elétrica ao sistema, controlando e distribuindo a luz de forma eficiente e mantendo as características de temperatura e operação da lâmpada dentro dos limites estabelecidos para o seu correto funcionamento.
- Luz (Radiação visível): Radiação ótica capaz de produzir uma sensação visual diretamente.

- Ofuscamento: Condição de visão na qual há um desconforto ou uma redução da capacidade de distinguir detalhes ou objetos, devido a uma distribuição desfavorável das intensidades luminosas ou contraste excessivo.
- Rendimento (de uma luminária): Razão entre o fluxo total emitido pela luminária e o fluxo luminoso da lâmpada medido fora da luminária.
- Temperatura de cor correlata (TCC): É o termo usado para descrever a cor de uma fonte de luz, quando comparada à cor do irradiador de corpo negro padrão e é expressa em graus Kelvin (K). Quanto mais alta é a temperatura de cor correlata, mais branca é a cor da luz.
- Temporização: Interrupção instantânea da iluminação pública.
- Uniformidade da iluminância (U): Razão da iluminância mínima (E_{min}) para a iluminância média (E_{med}) no plano considerado.

$$U = \frac{E_{min}}{E_{med}}$$

2.4. Regulamentação da iluminação pública no Brasil

A Constituição Federal de 1988 pode ser vista como o início da regulamentação da iluminação pública (IP). Atribuindo aos municípios a competência de organizar e prestar os serviços públicos de interesse local, no qual a IP está inserida.

“Art. 30. Compete aos municípios:

V - organizar e prestar, diretamente ou sob regime de concessão ou permissão, os serviços públicos de interesse local, incluído o de transporte coletivo, que tem caráter essencial;” (Constituição Federal de 1988).

Fato importante para a IP foi a publicação das Portarias do DNAEE 158/1989 e 466/1997 feitas pelo Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica, órgão que foi responsável pela regulamentação e fiscalização dos serviços de energia elétrica até a sua extinção. Sendo a primeira “as condições gerais a serem observadas no fornecimento de energia elétrica destinado a iluminação pública.” (DNAEE, 1989) e a segunda, “as disposições relativas às condições gerais de fornecimento a serem observadas na prestação e utilização do serviço

público de energia elétrica, tanto pelas concessionárias como pelos consumidores.” (DNAEE, 1997).

O DNAEE foi extinto com a criação da ANEEL, esta se tornou responsável pelas atribuições relativas aos serviços de energia elétrica. A ANEEL trouxe diversas modificações com a publicação da Resolução 456/2000, posteriormente atualizada para Resolução Normativa nº 414/2010.

Além da normalização da prestação de serviço e suas condições legais, também foi necessário que os parâmetros mínimos a serem considerados nos projetos de IP fossem considerados, e assim, também normalizados. Atualmente essa normalização se dá e é garantida principalmente pela NBR 5101 (ABNT, 2012) – Iluminação Pública.

Normas que se referem aos equipamentos e materiais que devem ser utilizados nos sistemas de IP também devem ser destacadas:

- ABNT NBR IEC 60598/2010 – Luminárias (ABNT, 2010);
- ABNT NBR 15129/2004 - Luminárias para iluminação pública (ABNT, 2004);
- ABNT NBR IEC 60662/1997 - Lâmpadas a vapor de sódio a alta pressão (ABNT, 1997-a);
- ABNT NBR IEC 61167/1997 – Lâmpadas a vapor metálico (ABNT, 1997-b);
- ABNT NBR – 13593/2011 - Reator e ignitor para lâmpada a vapor de sódio a alta pressão - Especificação e ensaios (ABNT, 2011);
- ABNT NBR - 5123/1998 - Relé fotoelétrico e tomada para iluminação (ABNT, 1998);
- IEC – 61048 e 61049 - Capacitor (IEC, 2006 e IEC, 1991);
- IEC – 60238:2005 – Porta-lâmpadas de rosca Edson (ABNT, 2005).
- Demais normas - Postes, lâmpadas a vapor de mercúrio, conectores;

2.5. ABNT NBR 5101/2012 – Iluminação Pública

A principal norma no que diz respeito ao sistema de IP, utilizada para determinar os requisitos mínimos a serem considerados em um projeto e na sua verificação de campo, a NBR 5101 (ABNT, 2012) foi atualizada em 2012, cancelando e substituindo sua versão anterior datada de 1992, quando predominavam as lâmpadas de vapor de mercúrio em alta pressão. Essa

substituição se deu devido ao aparecimento de materiais e equipamentos melhores e mais eficientes, além da criação do programa RELUZ, assim sendo necessário elevar os requisitos mínimos para garantir a segurança em projetos elétricos voltados ao sistema de IP.

Os requisitos previstos nesta norma buscam fazer com que a IP cumpra seu objetivo de proporcionar visibilidade para a segurança do tráfego de veículos e pedestres de forma rápida, precisa e confortável, garantindo benefícios econômicos e sociais para seus usuários, tais como:

- Redução de acidentes noturnos e perdas econômicas;
- Melhoria das condições de vida das comunidades carentes;
- Auxílio à proteção policial, com ênfase na segurança pessoal;
- Facilidade do fluxo do tráfego;
- Destaque a edifícios e obras públicas durante à noite;

Porém, para que isso seja possível, o projetista e o usuário devem utilizar lâmpadas, reatores e luminárias eficientes, com posicionamento e alturas de montagem adequadas, com distribuição apropriada para cada tipo de instalação, além de uma manutenção que assegure a integridade do sistema e a preservação do nível de iluminação considerado correto.

A NBR 5101 (ABNT, 2012) além de revisar itens como os níveis mínimos de iluminância exigidos, dispõe de novidades como: a classificação das vias de acordo com o Código de Trânsito Brasileiro; passou a contemplar também as calçadas; passou a fixar fatores da instalação para os vários tipos de vias em função do tráfego; as malhas para projetos, o recebimento da instalação e a verificação periódica passaram a coincidir com as trajetórias definidas pelo tráfego motorizado e devem ser definidas a toda área relevante; os critérios de projeto, antes abrangendo apenas os níveis iluminância, passam a avaliar também os níveis de luminância.

Essa revisão foi resultado de uma solicitação da Eletrobras Procel à ABNT, em 2008, para que fossem reativados os comitês de estudos relativos à IP. A Eletrobras Procel em conjunto com a PUCRS, entre 2006 e 2010, desenvolveu um estudo aprofundado a respeito da IP, onde foi percebida a necessidade dessa atualização.

2.6. Resolução Normativa nº 414/2010 da ANEEL

Como visto anteriormente, a Constituição Federal de 1988 atribuiu a responsabilidade da IP aos municípios. Porém, sendo um serviço que requer o fornecimento de energia elétrica deve se sujeitar à legislação federal. As condições de fornecimento de energia destinado à IP eram especificadas principalmente pela Resolução Normativa ANEEL 456/2000, sendo esta, posteriormente atualizada para ANEEL 414/2010.

A Resolução Normativa nº 414/2010 tem por objetivo:

“Art.1º

Estabelecer, de forma atualizada e consolidada, as condições gerais de fornecimento de energia elétrica, cujas disposições devem ser observadas pelas distribuidoras e consumidores.”

A Resolução Normativa Nº 414/2010, em seu capítulo II, seção X, no Caput do artigo 21º, define que “A elaboração de projeto, a implantação, expansão, operação e manutenção das instalações de iluminação pública são de responsabilidade do ente municipal ou de quem tenha recebido deste a delegação para prestar tais serviços.” Essa definição fez com que muitas prefeituras municipais voltassem seus olhos para a iluminação pública com certa preocupação, visto que o ente municipal passou a ser responsável por todos os custos relativos, ao fornecimento, instalação e manutenção de todos os elementos ligados à prestação de serviço de IP.

Outro fator que gerou grandes discussões relativas à aprovação dessa Resolução foi a transferência dos ativos de IP para os municípios. Em seu artigo 218º, a Norma 414 (ANEEL, 2010) impõe que as distribuidoras de energia elétrica transfiram o sistema de iluminação pública registrado como Ativo Imobilizado em Serviço – AIS à pessoa jurídica de direito público competente, no caso o ente municipal.

Essa transferência fez com que houvesse alterações, por exemplo, no ponto de entrega da IP. Antes sendo o bulbo da lâmpada (ativos das concessionárias), passou a ser a conexão da rede de distribuição da concessionária com as instalações elétricas de iluminação pública (ativo da prefeitura), fazendo com que os municípios tenham que arcar também com o consumo de

energia elétrica dos equipamentos auxiliares, como relés e reatores. Os pontos de entrega podem ser vistos na Figura 2.

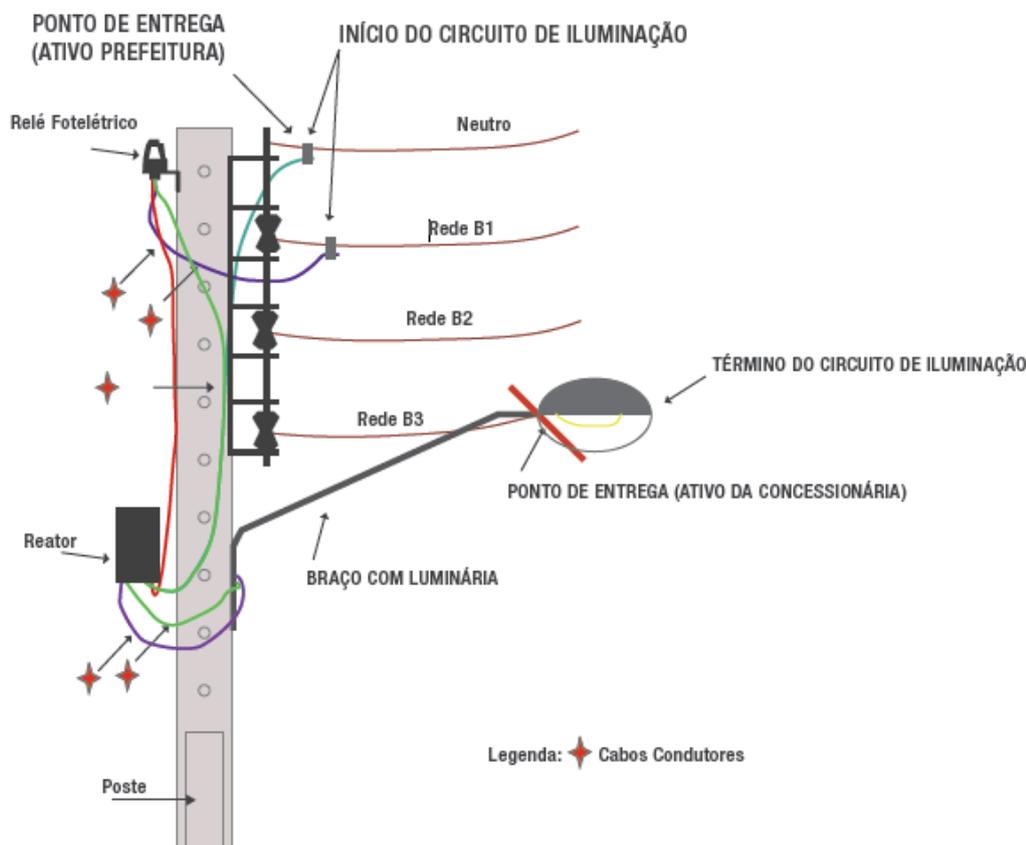


Figura 2 – Montagem padrão de iluminação pública

Fonte: Confederação Nacional dos Municípios (CNM).

A norma N° 414 (ANEEL, 2010) também caracteriza a classe IP pelo fornecimento para iluminação de ruas, praças, avenidas, túneis, passagens subterrâneas, jardins, vias, estradas, passarelas, abrigos de usuários de transportes coletivos, logradouros de uso comum e livre acesso, inclusive a iluminação de monumentos, fachadas, fontes luminosas e obras de arte de valor histórico, cultural ou ambiental, localizadas em áreas públicas e definidas por meio de legislação específica, exceto o fornecimento de energia elétrica que tenha por objetivo qualquer forma de propaganda ou publicidade, ou para realização de atividades que visem a interesses econômicos.

Tais fatos criaram um grande desafio os entes municipais, visto que o custeio e a qualidade desses serviços passam a ser, quase que exclusivamente, de sua responsabilidade, e deve ser previsto em suas contas anuais já que podem causar um grande impacto nas contas públicas.

De forma a amenizar esses impactos, se faz necessário o surgimento de ideias que proponham uma melhor utilização da energia elétrica aplicada à IP. Essas ideias nos apresentam projetos que preveem a utilização de materiais e equipamentos mais eficientes, e preveem também uma melhor gestão e controle da IP.

Todos esses projetos devem ser submetidos a uma avaliação da distribuidora, em conjunto com a agência reguladora (ANEEL), para que seja garantida a qualidade do serviço prestado e que seja revisto os valores cobrados pela distribuidora perante o ente municipal.

O ente municipal, por sua vez, passou a dispor do direito de cobrança sobre o serviço perante os usuários/contribuintes. A cobrança desses tributos pode ser executada através das faturas de energia das Concessionárias de Distribuição de Energia, definida por contrato Município – Concessionária.

2.7. Alternativas para Municípios devido alterações no setor de IP

Como citado anteriormente, os municípios devem buscar alternativas para que consigam garantir os serviços de IP aos contribuintes, de forma eficiente e com qualidade, sem que cause prejuízos econômicos aos seus orçamentos.

Essas alternativas podem se dar através de uma boa gestão, da utilização de materiais mais eficientes, e a utilização de novas tecnologias ou novas fontes de energia.

2.7.1. Telegestão da IP

Uma boa gestão é necessária a qualquer empreendimento e com a IP não pode ser diferente. Nos dias atuais, grandes empresas buscam o desenvolvimento de sistemas eficientes de gestão e monitoramento. As universidades também dispõem de estudos relacionados à gestão,

buscando desenvolver ferramentas que possam fazer com que projetos sejam aplicáveis na grande parte dos Municípios.

A AIP Technology é uma dessas empresas que buscam garantir aos municípios a automação e gerenciamento da IP. O sistema de telegestão desenvolvido por ela busca a substituição total ou parcial de sistemas de “Call Center”, a realização do controle remoto das lâmpadas, além de efetuar cálculos complexos através de processamento de dados avançados. A ferramenta possui também um banco de dados para assim permitir uma análise profunda dos acontecimentos na rede elétrica.

A empresa o define como um sistema on-line em tempo real, para a captação de eventos e envio de comandos remotos, totalmente comandado por uma interface gráfica, via WEB, onde o usuário pode gerenciar com precisão e eficácia todas as variáveis envolvidas, como pode ser visto em sua arquitetura, na Figura 3.

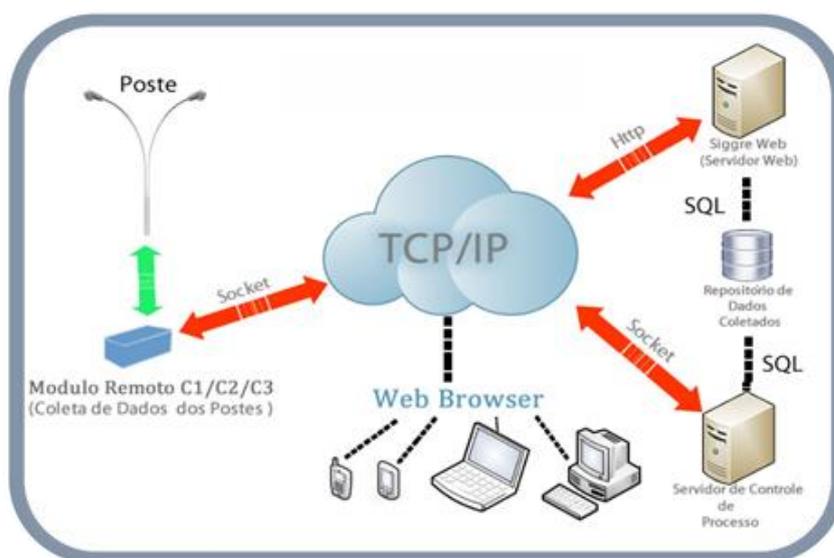


Figura 3 - Arquitetura do sistema

Fonte: AIP Technology, Iluminação Pública Inteligente.

Em cada poste é instalado um módulo eletrônico de um dos três tipos: C1 - Módulos transceptores remotos interligados em Rede Wireless Smart; C2 - Módulos transceptores remotos equipados com tecnologia GPRS³ e interligados em Rede Wireless Smart; C3 -

³ GPRS é uma tecnologia que tem o objetivo de aumentar as taxas de transferência de dados entre celulares, facilitando a comunicação e o acesso a redes.

Módulos da Telemetria, interligados em Rede Wireless Smart; de acordo com a necessidade permitindo que haja uma integração do parque de iluminação com o sistema, como apresentado na figura 4. Estes módulos formam uma rede, permitindo que essas informações sejam transmitidas através dos pontos com eficiência, e que possam ser acessadas de qualquer lugar.

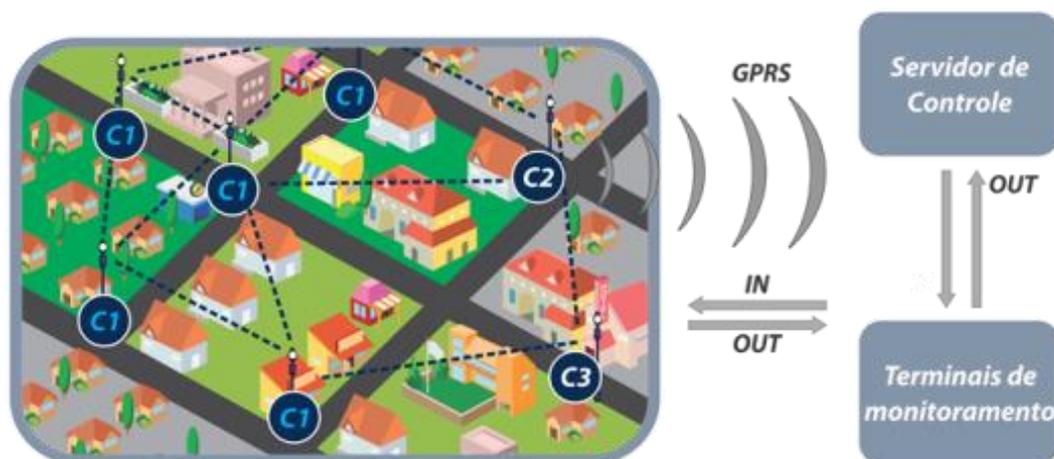


Figura 4– Parque de Iluminação

Fonte: AIP Technology, Iluminação Pública Inteligente

Por meio dessa tecnologia, esse tipo de sistema de telegestão pode obter todas as informações pertinentes e observar os acontecimentos de campo em tempo em real, ajudando no planejamento e uso racional da energia elétrica, além de medir precisamente o tempo de uso das lâmpadas, e identificar falhas na rede.

A precisão desse tipo de sistema ao identificar falhas é um grande trunfo no que se refere a logística de manutenção. Os pontos de luz são georreferenciados⁴ e individuais, logo, o setor de manutenção consegue rapidamente descobrir onde é o ponto com defeito, e com as informações de falhas obtidas, estimar quais os possíveis defeitos podem estar interferindo no funcionamento das lâmpadas. Essa rapidez e precisão é capaz de gerar uma redução considerável nos custos de manutenção.

Outros benefícios apresentados, pela empresa responsável, são:

- Detecção de furtos de cabos em tempo real;
- Programação do tempo de lâmpadas acesas por rua, bairro, cidade ou pontos de iluminação desejados;
- Possibilidade de implantação de programas da eficiência energética;
- Possibilidade de conexão e controle de equipamentos de outros fabricantes.

⁴ Georreferenciamento de qualquer outra forma de informação geográfica é tornar suas coordenadas conhecidas num dado sistema de referência.

2.7.2. Equipamentos e materiais – Tecnologia LED

Há equipamentos de vários tipos que podem ser aplicados à IP buscando economia com garantia de qualidade no serviço prestado. Entre esses novos equipamentos estão as luminárias a LED (Light Emitting Diode) (Figura 5).



Figura 5– Luminária LED Philips EssentialLine BBP110

Fonte: Catálogo Philips.

A iluminação a LED se sobressai devido suas características como: sua eficácia luminosa, ser controlável (dimerizável), vida útil longa, dimensões compactas, manutenção facilitada, além da vasta gama de cores possível, e é claro, a baixo consumo de energia.

A tendência é que luminárias a LED sejam cada vez mais utilizadas em projetos de IP. Atualmente a tecnologia LED possui um custo mais elevado de aplicação quando comparado a outras alternativas no mercado, mas a tendência é que seus componentes tenham uma redução no custo e assim se torne cada vez mais viável. Há estudos que revelam uma redução anual superior a 20% na relação custo por fluxo luminoso (R\$/lm). Atualmente, a eficiência de um LED está em torno de 100 lm/W, porém é estimado que em 2020 esta eficiência possa superar 200 lm/W – as fluorescentes tubulares de maior eficiência apresentam 100 lm/W e as a vapor de sódio a alta pressão 140 lm/W (VASCONCELLOS & LIMBERGER, 2013).

Várias cidades no mundo já aplicam essa tecnologia em suas ruas e rodovias, como por exemplo, a cidade de Sonsonate – Panamá , a primeira cidade da América Latina a adotar um sistema todo inteligente da General Electric, combinando luminárias a LED, com o sistema de

telegestão chamado LightGrid™⁵. O sistema controla remotamente o horário para acender e apagar e o nível de iluminação de cada uma das mais de 4000 luminárias a LED instaladas.



Figura 6– Sonsonate - Panamá

Fonte: GELighting Projetos.

No Brasil não é diferente. Várias cidades estão instalando, ainda que aos poucos, luminárias a LED em seu sistema de IP, visando eficiência energética, segurança, e turismo.

Em Florianópolis, desde 2013, a travessia das pontes Colombo Machado Salles e Pedro Ivo Campos (Figura 7), responsáveis pela conexão da ilha de Florianópolis ao continente, contam com iluminação a LED.

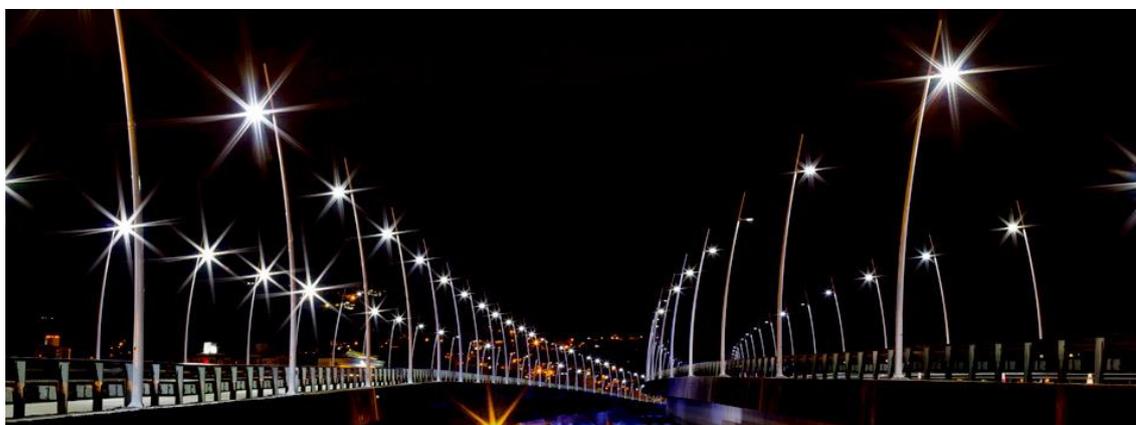


Figura 7 - Travessia das pontes Colombo Machado Salles e Pedro Ivo Campos

Fonte: GE Imprensa Brasil.

⁵ LightGrid™ é um sistema wireless criado pela General Electric para controle de luzes em ruas e rodovias.

Além de uma percepção de maior luminosidade e cores pelos motoristas e pedestres, gerando uma visão mais clara dos objetos, o projeto visa uma economia de mais 50% de energia elétrica, com uma vida útil prevista para mais de 11 anos, é o que afirma a publicação divulgada pela General Electric Brasil.

A Lagoa Rodrigo de Freitas, no Rio de Janeiro, é outro exemplo de aplicação dessa tecnologia aqui no Brasil. A população é enfática ao dizer que se sentem mais seguros ao frequentar o local, com seus 7,5 Km de ciclovia, além de valorizarem a beleza proporcionada pela nova iluminação. Foram 567 pontos de luz de vapor de sódio substituídos por luminárias a LED (Figura 8) em 2011, com uma previsão de 50% de economia quando comparado ao sistema anterior, além de uma expressiva redução de gastos em manutenção, e uma maior iluminância.



Figura 8 – Lagoa Rodrigo de Freitas com iluminação LED

Fonte: Ge Reports Brasil.

2.7.3. Energias alternativas aplicadas à IP

A utilização de fontes alternativas de energia elétrica para o setor de IP é um assunto também relevante a essa busca por projetos de IP mais eficientes e com uma expressiva redução de custos.

Um dos grandes exemplos desenvolvidos para essa área são os Postes Solares. São postes já providos de sistema fotovoltaico que pode ser individual ou em conjunto. A instalação desses

postes se mostra como uma excelente alternativa para locais onde o acesso a rede de distribuição seja mais difícil.

Os postes solares são compostos pela seguinte estrutura:

- Módulos solares;
- Bateria;
- Controlador de carga;
- Luminária LED;

Grande parte dos produtos no mercado hoje são equipados com baterias que garantem até três dias de funcionamento sem a incidência de sol, como em dias de chuva e com luminárias a LED que causam grande eficiência.

Com a evolução dos sistemas Smart Grid⁶ é esperado também a utilização desses postes em conjunto com a rede de distribuição e assim tornar desnecessário o uso de conjuntos de baterias nessas instalações, como ocorre em alguns projetos residenciais.

Cidades como São Luís, no estado do Maranhão, investem consideravelmente em iluminação pública nos dias atuais, buscando uma modernização e uma valorização dos seus pontos turísticos. A prefeitura instalou na Praça Nossa Senhora do Carmo, localizada no Parque do Rio das Bicas, postes com módulos solares configurando um sistema autônomo e de baixo custo de operação e manutenção (Figura 9). É esperada a instalação dessa mesma tecnologia em mais quatro praças do parque.

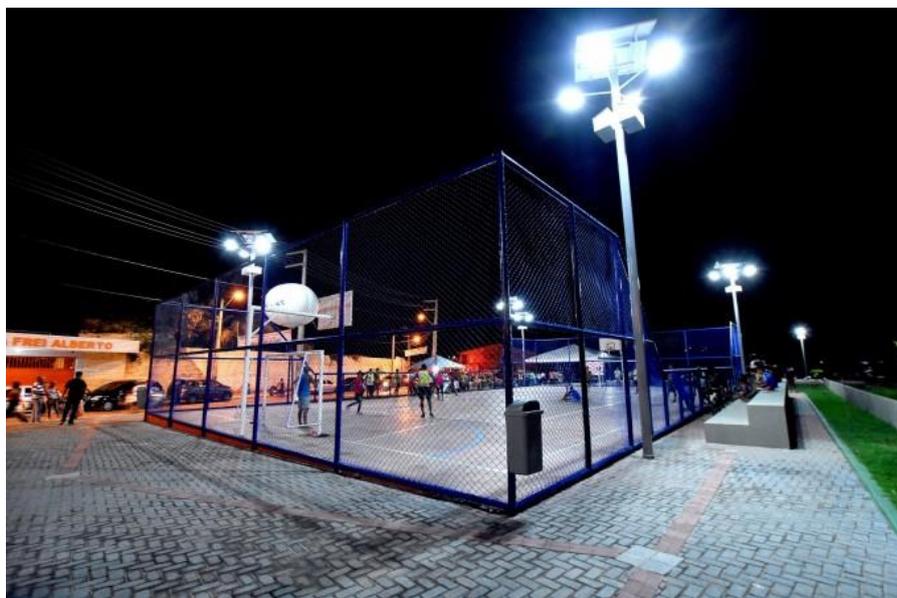


Figura 9 – Postes solares na Praça Nossa Senhora do Carmo, em São Luís – MA

Fonte: Jornal O Imparcial.

⁶ Smart Grid é o sistema elétrico inteligente, que integra e possibilita ações por todos os usuários a ele conectados, de modo a fornecer eficientemente uma energia sustentável, econômica e segura.

Postes híbridos, providos de fonte solar e eólica, também fazem parte do planejamento de municípios, como acontece em Fortaleza, Ceará. A Revista Galileu, publicou em maio de 2014, uma matéria sobre o Produtor Independente de Energia (PIE) (Figura 10), como é tecnicamente denominado, que foi desenvolvido pelo professor Fernandes Ximenes - engenheiro mecânico e proprietário da Gram-Eollic, e é considerado o primeiro poste de iluminação pública 100% alimentado por energias eólica e solar.

O PIE possui 12 ou 18 metros de altura e possui um “avião” em seu topo. As “asas” do avião são revestidas de células fotovoltaicas para a produção de energia solar. No “bico” do avião foi instalada uma hélice a fim de gerar energia eólica. Essa energia gerada é armazenada em uma bateria localizada abaixo do avião, e utilizada para alimentar a luminária.

Fernandes convenceu, em 2010, o governo do Ceará, a testar os postes no Palácio Iracema, sede do Executivo. É previsto a instalação de PIEs para iluminar três quilômetros de vias da cidade de Paracuru, litoral do Ceará.

POSTE HÍBRIDO

1. As células solares nas asas do “avião” captam raios ultravioleta e infravermelho por meio do silício, um semicondutor, transformando-os em energia elétrica (de até 400 watts)

2. A hélice funciona como uma pá. Com o vento, gera até 1.000 watts de eletricidade

3. A captação solar e eólica pelo avião é feita em um eixo com giro de 360°, de acordo com a direção do vento

4. A energia é armazenada numa bateria, com autonomia de até 70 horas, o suficiente para alimentar a lâmpada do poste por até sete dias

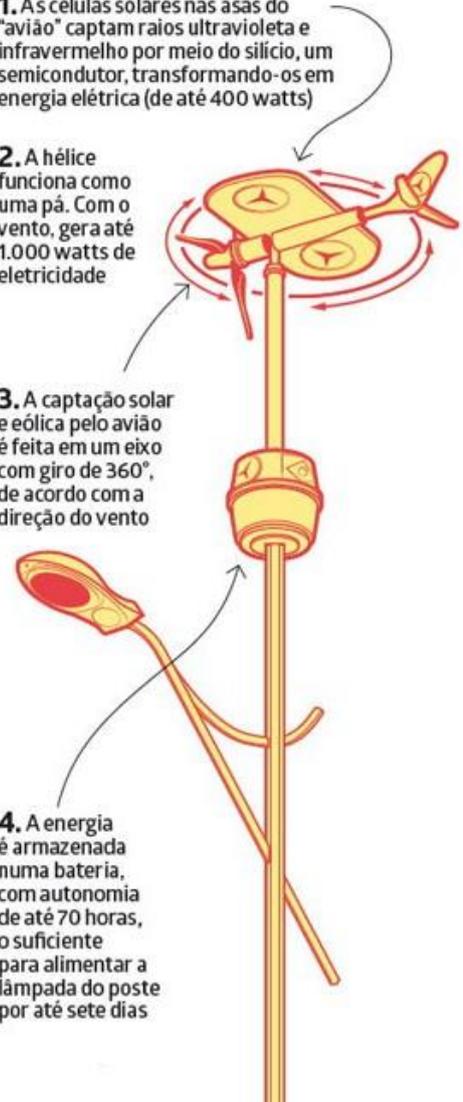


Figura 10 – Arquitetura do Produtor Independente de Energia

Fonte: Revista Galileu.

3. ESTUDO DE CASO

Buscando economizar energia elétrica em projetos de iluminação pública algumas empresas, geralmente as distribuidoras de energia, cometem alguns equívocos. Algumas das exigências das normas vigentes relacionadas à IP são fatores como nível mínimo de iluminância e o coeficiente de uniformidade para assim garantir acuidade visual, sensibilidade de percepção e eficiência visual, conseqüentemente garantindo uma maior segurança aos pedestres e motoristas que trafegam pelas vias públicas.

As vias podem ser classificadas de acordo com seu fluxo. Após a classificação, devem ser calculados os parâmetros luminotécnicos para determinada área. Todas as instalações devem ser dimensionadas para o fluxo máximo previsto na via para assim garantir a segurança e conforto dos usuários, principalmente considerando vias motorizadas.

Um dos problemas relacionados está no fato de que, em horários de baixo fluxo, as gestoras do sistema de iluminação utilizam de um método não conveniente para obter economia. As gestoras optam por apagar alguns pontos de luz nas vias, intercalando luminárias apagadas e acesas. Isto pode gerar um grande problema para os motoristas, principalmente em longas distancias.

Esses pontos intercalados geram o chamado “zebramento” da pista. O zebramento se refere a alternância de claro (pontos acesos) e escuro (pontos apagados), que pode gerar uma fadiga no motorista devido ao comportamento ocular nessas situações. Controlar os pontos de IP reduzindo seu nível de iluminação com a dimerização dos mesmos pode acabar com esse tipo de situação.

A dimerização dos pontos permite que em horários de baixo fluxo o nível de iluminação seja reduzido, a níveis que garantam a segurança do usuário, mantendo a uniformidade da iluminação, evitando assim esses zebraamentos, e também alcançando a economia tão buscada pelas gestoras do setor.

Assim, o presente exemplo busca ilustrar os cálculos relativos ao consumo de energia das instalações de iluminação de uma via pública, garantindo as exigências das normas vigentes:

Dados:

Será considerado um trecho de 25 quilômetros de pista, com 8 metros de largura, utilizando luminárias à LED com tempo de vida estimado em 50000 horas.

- Posteação unilateral com luminárias à LED (Philips EssentialLine BBP110). Características na tabela 2.

Tabela 1 – Especificações da luminária Philips EssentialLine BBP110.

Fonte: Catálogo Philips.

Quantidade de LEDs	160 LEDs – HP
Consumo	175 W
Tensão	220 – 240 V
Eficiência	85 lm/W
Temperatura de cor	4000K
Vida útil	50000h
IRC	>75

- Largura da Pista: 8 metros;
- Vão de 35 metros. Essa mesma distância entre postes pode ser vista no rodoanel de Belo Horizonte, seguindo Manual de Distribuição: Projetos de Iluminação Pública da CEMIG.

Cálculo do consumo:

- Horário considerando baixo fluxo, sem dimerização:

O horário previsto no exemplo será entre 00h00min e 06h00min, totalizando 6 horas de utilização.

Para o trecho de 25 km, serão necessárias:

$$N = \frac{25000 \text{ metros}}{35 \text{ metros}}$$

Logo, serão necessárias aproximadamente 715 luminárias, sendo que cada luminária consome 175 Wh.

Essas luminárias geram um consumo de:

$$\text{Consumo} = 715 \text{ lumiárias} \times 175 \text{ Watts}$$

Totalizando aproximadamente **125.125 W** de consumo em **uma hora**.

Se considerarmos 1 ano:

$$\text{Consumo} = 125125 \text{ Watts} \times 6 \text{ horas} \times 365 \text{ dias}$$

Totalizando aproximadamente **274.024 kW** de consumo.

A tarifa aplicada pela ANEEL para a iluminação pública é a **B4a**, que sem impostos, equivale a um custo de R\$ 0,29217 / kW⁷:

$$\text{Custo} = 1096095 \text{ kW} \times \text{R\$ } 0,29217 / \text{kW}$$

Totalizando uma despesa de aproximadamente: **R\$ 80.000,00** anualmente.

- Horário considerando baixo fluxo, com dimerização:

Ao aplicar a dimerização na instalação, reduzindo a o nível da iluminação à sua metade, a economia de até 50% passa a ser real. Ou seja, o consumo anual nos períodos de baixo fluxo, como o considerado neste estudo passaria de **R\$ 80.000,00** para aproximadamente **R\$ 40.000,00** anualmente.

Essa economia passa a ser ainda mais significativa se for considerado o tempo de vida das luminárias, desprezando os fatores de depreciação:

$$\text{Tempo de vida(anos)} = \frac{50000 \text{ horas}}{12 \text{ horas} \times 365 \text{ dias}}$$

O tempo de vida das luminárias será de aproximadamente 12 anos.

Em números, isso implica em aproximadamente **R\$ 480.000,00** de economia em energia elétrica em um período de 12 anos. São valores significantes de retorno, que justificam o investimento nos sistemas de telegestão e operação.

⁷ Consulta realizada em 3 de agosto de 2016 à Distribuidora CEMIG.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o desenvolvimento desse estudo foi possível perceber as necessidades reais de adaptação e mudanças nos projetos de IP diante das recentes alterações nas normas que regem o setor.

Desde o seu surgimento, ligada a segurança das cidades, a iluminação pública se mantém com esse papel até os dias de hoje. Antes criada com o objetivo de oferecer maior segurança urbana contra ladrões e malfeitores, hoje, com o desenvolvimento das cidades e a criação dos veículos motorizados, passou a ser também ferramenta essencial de segurança nas vias públicas contra possíveis acidentes.

Os sistemas de telegestão, desenvolvidos por dezenas de empresas tanto do setor de tecnologia quanto do setor de equipamentos elétricos, possibilitam a identificação de falhas, o controle total dos pontos individualmente, acionando-os e dimerizando-os remotamente, além de obter todas as informações, como consumo em tempo real. Esses sistemas ao identificarem as falhas, facilitam a logística de manutenção, reduzindo o seu custo e o tempo gasto para que os problemas sejam resolvidos.

O LED, hoje sinônimo de eficiência energética e qualidade de luz, com as vantagens de ser uma fonte luminosa extremamente controlável, passou a ser amplamente utilizado nas instalações públicas, passando a ser visto como investimento, e não mais como despesa para as contas municipais.

A utilização de fontes alternativas na IP, como os postes solares e híbridos, é uma ideia que está sendo aceita e vista como uma solução importante para os municípios e gestoras do setor energético, já sendo aplicada em parques e testadas em rodovias.

A dimerização como mostrado no estudo de caso, ainda que hipotético, permite uma economia de energia satisfatória, garantindo a eficiência energética, além de garantir a segurança dos usuários.

Essas alternativas apresentadas se mostram como possíveis soluções para esse novo cenário da iluminação pública no Brasil. Através de investimentos no setor, os municípios podem obter um significativo retorno com os ativos de IP. Com investimentos conscientes e ideias inovadoras, podem ser capazes de desenvolver projetos que garantam uma melhor estrutura

aos seus cidadãos. Como demonstrado ao longo desse trabalho, uma iluminação pública de qualidade é capaz de oferecer aos habitantes de um município, o conforto de uma cidade agradável aos olhos durante os períodos noturnos, o lazer com praças e pontos turísticos bem iluminados e a segurança de ir e vir, tanto nas estradas, como ao transitar pelas calçadas, sem que isso se torne um transtorno financeiro.

4.1. Trabalhos futuros

Para trabalhos futuros, é possível o desenvolvimento de sistemas próprios aplicados aos Campi da Universidade Federal de Ouro Preto, buscando a criação de novos projetos que possam controlar e obter informações de cada ponto de iluminação, verificando sua viabilidade e a utilização de novos materiais, prezando pela qualidade da iluminação e oferecendo maior segurança aos alunos e funcionários da UFOP.

Recomenda-se também, devido ao custo de instalação de novas luminárias LED, desenvolverem um plano de retrofit⁸ das luminárias atualmente instaladas. O retrofit consiste na modernização das luminárias atuais, substituindo seus componentes por outros mais eficientes e compatíveis.

⁸ Termo utilizado principalmente em engenharia para designar o processo de modernização de algum equipamento já considerado ultrapassado ou fora de norma.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. Associação Brasileira De Normas Técnicas. **NBR 5101. Iluminação Pública - Procedimento**. Rio de Janeiro, 2012.

_____. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR IEC 60662 Lâmpadas a vapor de sódio a alta pressão**. Abril, 1997 - a.

_____. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15129 Luminárias para iluminação pública - Requisitos particulares**. Julho, 2012 - b.

_____. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR IEC 60598-1 Luminárias Parte 1: Requisitos gerais e ensaios**. Novembro, 2010.

_____. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR IEC 61167 Lâmpadas a vapor metálico (halogenetos)**. Outubro, 1997 - b.

_____. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 13593 Reator e ignitor para lâmpada a vapor de sódio a alta pressão - Especificação e ensaios**. Janeiro, 2011.

_____. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 5123 Relé fotoelétrico e tomada para iluminação - Especificação e método de ensaio**. Abril, 1998.

_____. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR IEC 60238 Porta-lâmpadas de rosca Edison**. Outubro, 2005.

ANEEL. Agencia Nacional de Energia Elétrica. **Resolução Normativa Nº 414. Condições gerais de fornecimento de energia elétrica**. Brasília, DF, 2012. Disponível em: http://www.aneel.gov.br/biblioteca/downloads/livros/REN_414_2010_atual_REN_499_2012.pdf. Acesso em 01/04/2015.

_____. Agencia Nacional de Energia Elétrica. **Resolução Normativa Nº 456. Condições gerais de fornecimento de energia elétrica**. Brasília, DF, 2000. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/res2000456.pdf>>. Acesso em 13/07/2015.

AIP TECHNOLOGY. **AIP Technology, Iluminação Pública Inteligente**. Disponível em: <<http://www.aiptechnology.com.br>>. Acesso em 28/07/2015.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil. Artigo 30º**. Brasília, DF, 1988. Disponível em: < <http://www.jusbrasil.com.br/topicos/10637721/artigo-30-da-constituicao-federal-de-1988> >. Acesso em 06 de mar de 2016.

CEMIG. Companhia Energética de Minas Gerais. **Manual de Distribuição: Projetos de Iluminação Pública da Cemig**. Belo Horizonte, MG, 2012.

CLDC. City Lights Design Competition. **A Brief History of Street Lighting in New York City**. New York, 2005. Disponível em <www.nyc.gov>

CNM. Confederação Nacional dos Municípios. Disponível em: <<http://www.cnm.org.br>>.

DNAEE. Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica. **Portaria nº. 158, de 17 de outubro de 1989**. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/cedoc/prt1989158.pdf>>. Acesso em: 06 de mar 2016.

_____. Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica. **Portaria nº. 466, de 12 de novembro de 1997**. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/cedoc/prt1997466.pdf>>. Acesso em: 06 de mar 2016.

GENERAL ELECTRIC. GELighting Projetos. **Cidade de Sonsonate**. Disponível em:<<http://www.gelighting.com/LightingWeb/br/projects/city-of-sonsonate.jsp>>. Acesso em 31 de jul de 2016.

_____. GE Imprensa Brasil. **LEDs GE iluminam pontes em Florianópolis**. Disponível em <<http://www.geimprensabrasil.com/leds-ge-iluminam-pontes-em-florianopolis>>. Acesso em 31 de jul de 2016.

_____. GE Reports Brasil. **Iluminando a Lagoa Rodrigo de Freitas**. Agosto, 2012. Disponível em: <<http://www.gereportsbrasil.com.br/post/95917194759/iluminando-a-lagoa-rodrigo-de-freitas>>. Acesso em 31 de jul de 2016.

IEC. International Electrotechnical Commission. **IEC 6049 Capacitors for use in tubular fluorescent and other discharge lamp circuits**. Performance requirements. Março, 1991.

_____. International Electrotechnical Commission. **IEC 6048 Auxiliaries for lamps: Capacitors for use in tubular fluorescent and other discharge lamp circuits - General and safety requirements**. Março, 2006.

PHILIPS. Catálogo Philips. **EssentialLine BBP110**. Dezembro, 2015. Disponível em <http://download.p4c.philips.com/lfb/c/comf-1063/comf-1063_pss_en_aa_001.pdf>. Acesso em 31 de jul de 2016.

Praça de São Luís recebe sistema de poste solar no Maranhão. **O Imparcial**: online. Disponível em: <http://www.oimparcial.com.br/_conteudo/2016/03/ultimas_noticias/urbano/188071-praca-de-sao-luis-recebe-sistema-de-poste-solar-no-maranhao.html>. Acesso em 31 de jul de 2016.

TONON, R. Energia para criar. **Revista Galileu**. Editora Globo. Maio, 2014. Disponível em: <<http://revistagalileu.globo.com/Revista/noticia/2014/05/energia-para-criar.html>>. Acesso em: 30 de jul de 2016.

VASCONCELLOS, L., & LIMBERGER, M. **Iluminação Eficiente - Iniciativas da Eletrobras, Procel e Parceiros**. Rio de Janeiro: Eletrobras, Procel. 2013.