

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLÓGICA DE SANTA
CATARINA – CÂMPUS FLORIANÓPOLIS
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETROTÉCNICA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM SISTEMAS DE ENERGIA**

ANDERSON FLORÊNCIO

**SISTEMA DE IP COM APLICAÇÃO DE TECNOLOGIA LED E
SISTEMA DE TELEGESTÃO: ESTUDO DE CASO DA CIDADE DE
JOINVILLE.**

FLORIANÓPOLIS, 2019.

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLÓGICA DE SANTA
CATARINA – CÂMPUS FLORIANÓPOLIS
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETROTÉCNICA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM SISTEMAS DE ENERGIA**

ANDERSON FLORÊNCIO

**SISTEMA DE IP COM APLICAÇÃO DE TECNOLOGIA LED E
SISTEMA DE TELEGESTÃO: ESTUDO DE CASO DA CIDADE DE
JOINVILLE.**

Trabalho de Conclusão de Curso
submetido ao Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia de Santa
Catarina para obtenção do título de
Tecnólogo em Sistemas de Energia.

Orientador:
Prof. Alfeu Luz Losso, Eng.

FLORIANÓPOLIS, 2019.

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor.

Florêncio, Anderson

SISTEMA DE IP COM APLICAÇÃO DE TECNOLOGIA LED E SISTEMA DE TELEGESTÃO: ESTUDO DE CASO DA CIDADE DE JOINVILLE.

/ Anderson Florêncio ; orientação de Alfeu Luz Losso.

- Florianópolis, SC, 2019.

63 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) - Instituto Federal de Santa Catarina, Câmpus Florianópolis. CST em Sistemas de Energia. Departamento Acadêmico de Eletrotécnica.

Inclui Referências.

1. IP. 2. LED. 3. Telegestão. 4. Tecnologia. 5. Joinville. I. Luz Losso, Alfeu. II. Instituto Federal de Santa Catarina. Departamento Acadêmico de Eletrotécnica. III. Título.

SISTEMA DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA E TELEGESTÃO, COM LUMINÁRIAS LED, APLICADOS NA CIDADE DE JOINVILLE

ANDERSON FLORÊNCIO

Este trabalho foi julgado adequado para obtenção do título de Tecnólogo em Sistemas de Energia e aprovado na sua forma final pela banca examinadora do Curso Superior de Tecnologia em Sistemas de Energia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina.

Florianópolis, 26 de junho, 2019.

Banca Examinadora:



Prof. Alfeu Luz Losso, Esp. Eng.



Prof. Fabrício Yutaka Kuwabata Takigawa, Dr. Eng.



Alex de Novais Santos, Eng.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me dar a força e as condições necessárias para conseguir alcançar meus objetivos.

Estendo, emocionado, os agradecimentos a minha namorada Elisane Martins da Rosa, que com todo seu carinho e companheirismo foi e é meu principal alicerce, tendo estado ao meu lado em todos os momentos de dificuldade por que passei, sempre me incentivando a não desistir, mesmo quando achei que não mais seria possível.

A toda minha família, em especial a minha mãe a senhora Lourdes Maria dos Santos Florêncio, meu muito obrigado por todo o apoio e palavras de encorajamento, que foram de suma importância durante toda a trajetória do curso, ao meu filho Mateus Vieira Florêncio, por permanecer ao meu lado, principalmente em momentos que me ausentei para me dedicar aos estudos, bem como as minhas irmãs, principalmente a Gabriela dos Santos Florêncio, pela ajuda e disposição, com seu conhecimento me auxiliando sempre que precisei.

Meu reconhecimento aos engenheiros Pedro Alberto de Miranda Santos e Gilberto Vieira Filho, por todo o conhecimento compartilhado e por acreditarem em meu potencial contribuindo para o meu crescimento.

Por todos os conselhos e opiniões, em diversas conversas que tivemos, agradeço ao Gustavo Wagner Honorata e ao Rudyard Brühmüller, bem como aos meus amigos e colegas nos diversos momentos durante a minha vida acadêmica.

Agradeço ao Alex de Novais Santos pela significativa colaboração, concretizada por meio do aquinhoamento de experiências e conhecimentos, minha gratidão também à SmartGreen, nas pessoas do Sr. Rafael Ferraz Dalla Riva e Laercio Laért Brigido, por me repassarem inúmeras e valiosas informações, que muito contribuíram para o desenvolvimento e melhoria da minha formação.

Finalmente, deixo o agradecimento a todos os professores desta importante instituição que é o Instituto Federal de Santa Catarina - IFSC, Câmpus Florianópolis, pelo ensinamento transmitido durante todo o período de estudo, principalmente ao meu professor e orientador Alfeu Luz Losso, que nunca se furtou a me estimular, corrigir e mostrar o melhor caminho para chegar ao final dessa tão importante caminhada.

RESUMO

Este trabalho se propõe a apresentar informações relacionadas ao sistema de IP, por meio da substituição de luminárias equipadas com lâmpadas de descarga por luminárias com tecnologia LED, de forma a enfatizar a eficiência energética e a economia de gastos com o consumo de energia elétrica. Além disso, abordou-se o tema da implantação de telegestão, culminando com um estudo de caso realizado na cidade de Joinville. Entre outros aspectos, o tema ora evidenciado mostra-se relevante até mesmo pela possibilidade de melhorar a segurança de motoristas e pedestres que trafegam nas vias públicas, além de inibir a ação de delinquentes. A partir do citado estudo será possível visualizar não somente o comportamento do parque de IP, como também as diversas alternativas para a aplicação de novas tecnologias. Os estudos desenvolvidos revelam especial importância ao mostrar como é possível controlar e gerenciar a IP tendo por base este novo modelo de gestão. Este trabalho visa contribuir para um melhor entendimento a respeito do tema da IP, alcançando os alunos do curso de graduação de Sistemas de Energia, propondo-se a auxiliar futuros estudos a respeito de tão importante tema.

Palavras-chave: IP. Telegestão. Luminárias LED. Eficiência Energética.

ABSTRACT

This work proposes to present information related to the public lighting system, by replacing luminaires equipped with discharge lamps with luminaires with LED technology, in order to emphasize the energy efficiency and the saving of expenses with the consumption of electric energy. In addition, the topic of remote management implementation was addressed, culminating in a case study carried out in the city of Joinville. Among other aspects, the present subject is relevant even for the possibility of reverting in the improvement of the safety of drivers and pedestrians who travel in public roads, besides inhibiting the action of criminals. From this study it will be possible to visualize not only the behavior of the public lighting park, but also the various alternatives for the application of new technologies. The developed studies show particular importance in showing how we can control and manage public lighting based on this new management model. This work aims to contribute to a better understanding on the subject of public lighting, reaching students of the Energy Systems graduation course, proposing to help future studies about such an important subject.

Keywords: Public Lighting System. Telemaintenance. LED Fixtures. Energy Efficiency

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Lâmpada vapor mercúrio.	17
Figura 2 – Lâmpadas vapor de sódio.	17
Figura 3 – Lâmpadas multivapor metálico.	18
Figura 4 – Reator interno.	19
Figura 5 – Reator externo.	19
Figura 6 – Relé fotoelétrico.	20
Figura 7 – Luminária fechada sem equipamento.	21
Figura 8 – Luminária fechada integrada.	22
Figura 9 – Luminária LED (Philips RoadFlair).	25
Figura 10 – Rede <i>Mesh</i>	29
Figura 11 – Cidade Inteligente.	41
Figura 12 – Moinho - Cartão Postal da cidade de Joinville.	44
Figura 13 – Rua do Príncipe com luminária LED.	46
Figura 14 – Bairro Glória com LED.	48
Figura 15 – Praça Tiradentes, no bairro Floresta com LED.	49
Figura 16 – Rua Prefeito Baltazar Buschle, bairro Comasa com LED.	49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Comparativo da eficiência luminosa entre os tipos de lâmpadas	52
Tabela 2 – Luminárias equipadas com lâmpadas de descarga.....	53
Tabela 3 – Luminárias LED	54
Tabela 4 – Comparativo entre luminárias com lâmpadas de descarga e luminárias LED	56
Tabela 5 – Tempo de retorno do investimento	56

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
1.1	DEFINIÇÃO DO PROBLEMA	10
1.2	JUSTIFICATIVA	11
1.3	OBJETIVOS	12
1.3.1	Objetivo Geral	12
1.3.2	Objetivos Específicos	13
1.4	ESTRUTURA DO TRABALHO.....	14
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	15
2.1	SERVIÇO DE IP.....	15
2.1.1	Regulamentação	16
2.1.2	Materiais existentes na IP	16
2.1.2.1	Lâmpada a vapor de mercúrio em alta pressão	16
2.1.2.2	Lâmpada a vapor de sódio em alta pressão	17
2.1.2.3	Lâmpada multivapores metálicos.....	18
2.1.2.4	Reatores.....	19
2.1.2.5	Relé fotoelétrico	20
2.1.2.6	Luminárias existentes	21
2.1.2.7	Fixações em postes da rede elétrica.....	22
2.1.3	Conceitos de IRC e TCC	22
2.1.4	Dimerização	23
2.1.5	Georreferenciamento	24
3	NOVAS TECNOLOGIAS APLICADAS A IP	25
3.1	LUMINÁRIA LED.....	25
3.2	SISTEMA DE TELEGESTÃO.....	26
3.2.1	Concentrador de rede	29
3.2.2	Aplicação de múltiplos serviços, com uso da tecnologia	30
3.2.3	Especificações técnicas e atributos de arquitetura do sistema de telegestão	31
3.2.4	Funcionalidades específicas	32
3.2.4.1	Equipamento remoto	32
3.2.4.2	Dispositivo móvel de operação da rede	35
3.2.4.3	Gerenciador de rede	35
3.2.4.4	Software de telegestão	36
3.2.4.5	Software de gerenciamento de alarmes e ordem de serviços.....	39
3.3	CIDADES INTELIGENTES	40
3.3.1	Principais características	40
3.3.2	Aplicações de Cidades Inteligentes	41
3.3.3	Plataforma de entrada para cidades inteligentes	43
4	ESTUDO DE CASO	44
4.1	CIDADE DE JOINVILLE.....	44

4.2	GESTÃO INTEGRADA	45
4.3	INVESTIMENTOS EM MODERNIZAÇÃO	51
5	CONCLUSÃO	57
	REFERÊNCIAS.....	58

1 INTRODUÇÃO

1.1 Definição do problema

O tema a ser tratado neste trabalho será a IP e, mais especificamente, a implantação de luminárias LED (*Light Emitting Diode*), apresentando, também, um estudo de caso aplicado na cidade de Joinville.

A primeira experiência do sistema de IP (Iluminação Pública) na cidade de Joinville se deu no dia 3 de fevereiro de 1909 e o acontecimento foi relatado, ainda que brevemente pela Gazeta de Joinville, em uma edição que circulou três dias depois. O teste, dizia o jornal, “correu com inteiro êxito, iluminando as ruas do Meio (atual Rua 15 de Novembro) e a da Cachoeira (hoje Rua Princesa Isabel)”. Às 19h foram disparados foguetes ao ar para avisar a população do início da experiência, que durou uma hora e meia (até às 20h30). “Aglomerando-se nas ruas iluminadas um grande número de populares que curiosos, percorriam, observando o efeito produzido por mais este elemento de progresso”, descrevia a Gazeta. Finalmente, estava tudo pronto para a inauguração do serviço (JORNAL RETRO, 2018).

A cidade de Joinville, a maior do estado de Santa Catarina, com quase 450 mil habitantes e 56.894 pontos de luz, vem adotando, desde o final de 2003, um novo modelo de gestão de IP, que envolve o processo de controlar e disciplinar todas as atividades relacionadas aos serviços de IP, desde o planejamento dos recursos até o efetivo funcionamento das instalações (LUME ARQUITETURA, 2018).

A iluminação à base de LEDs causa mudanças no conceito de iluminação. Isso ocorre porque não existe uma única fonte luminosa emitindo fluxo luminoso para todos os lados, e sim um conjunto de LEDs emitindo fluxo luminoso de forma direcionada, com auxílio de todo o aparato óptico que compõe a luminária LED, como lentes, colimadores e refletores. Este direcionamento do fluxo luminoso dos LEDs causa a diminuição da poluição luminosa e uma distribuição mais eficiente do fluxo luminoso. Com isso, luminárias LED com fluxo luminoso de saída mais baixo podem produzir os mesmos níveis de iluminamento que luminárias com outros

tipos de lâmpadas. Esta é uma das grandes vantagens desta nova tecnologia de iluminação. Isto sem levar em consideração a questão da resposta dinâmica do olho humano, uma vez que a luz branca produzida por luminárias LED causa uma melhor sensação de luminosidade em condições de baixa luminância, situação comum em IP. (NOGUEIRA, 2013).

A proposta ora em relevo indica a instalação de luminárias com tecnologia LED (*Light Emitting Diode*) para iluminação de vias públicas, com possibilidade de controle e supervisão através do sistema de Telegestão, que permite o acesso remoto das informações de cada ponto de iluminação. Com isso, a cidade terá seu parque de iluminação modernizado e, conseqüentemente, uma maior eficiência energética.

As luminárias LED que irão substituir as luminárias existentes equipadas com lâmpadas de descarga e seus reatores acabarão, por fim, deixando a cidade de Joinville revitalizada e eficiente.

1.2 Justificativa

A IP tem uma grande importância para o desenvolvimento social e econômico dos municípios, pois não somente auxilia na segurança pública das cidades, no tráfego de veículos e de pedestres e na prevenção da criminalidade, como também valoriza e contribui para a preservação do patrimônio público, embelezando os dispositivos instalados e proporcionando a prática noturna de atividades, como lazer, comércio e cultura.

Com o passar do tempo, o efeito já esperado é o desgaste dos materiais que compõem o Sistema de IP, principalmente as luminárias, lâmpadas, reatores, relés e acessórios, o que implica na necessária troca desses itens, sendo que, como solução, são necessários serviços de manutenção preventiva e corretiva (BARBOSA, 2004).

Cada ponto de IP é composto basicamente por uma lâmpada que, na grande maioria, é do tipo de descarga em alta pressão, sendo a lâmpada de vapor de sódio uma das mais utilizadas. Além da lâmpada, um reator, uma fotocélula e uma luminária são fixados em um poste, geralmente das concessionárias de energia

elétrica. A partir dessa realidade, para que se alcance uma melhor eficiência deste ponto é necessária a substituição por luminárias com tecnologias mais atuais. Nesse quesito, a tecnologia LED vem sendo uma das mais utilizadas, pois permite um controle e gerenciamento através de um sistema de telegestão. Cabe salientar que a eficiência do ponto está interligada às características e ao perfeito funcionamento de cada componente.

A IP é um fator de grande importância para a segurança de uma cidade. Uma via bem iluminada garante boa visibilidade a motoristas e pedestres, evitando acidentes, além de tornar os locais mais movimentados e inibir ações de criminosos. No Brasil, cidades ainda sofrem com locais com iluminação inadequada, causada muitas vezes pelo uso de equipamentos defasados (CASARIN, 2012).

Nos últimos anos, pode ser notado o avanço da demanda por modernização do sistema de iluminação pública nos municípios brasileiros, devido também ao aquecimento do mercado das tecnologias LED e telegestão, porém muitos projetos ainda nem saíram do papel, devido alto investimento inicial.

Sendo a IP uma das principais atribuições da administração municipal, conforme Resolução Normativa ANEEL n.º 414, de 9 de setembro de 2010, fica evidente a necessidade do ente municipal organizar e prestar serviços de qualidade nessa área, atuando com agilidade e eficiência na conservação do sistema de IP.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo Geral

O trabalho será iniciado com um estudo sobre a IP de forma geral, telegestão e as cidades inteligentes. Será feita ainda uma abordagem a respeito da substituição de luminárias existentes por luminárias LEDs, analisando e comparando os resultados de cada uma das situações, tendo como base o estudo de caso aplicado na cidade de Joinville.

Também visa ressaltar a importância da substituição das luminárias equipadas com lâmpadas de multivapor metálico ou vapor de sódio a alta pressão existentes por luminárias LED na IP da cidade, proporcionando, assim, economia quanto ao consumo de energia elétrica em relação aos gastos com as lâmpadas instaladas atualmente.

Pretende-se, ainda, apresentar o estudo de caso da cidade de Joinville, já levando em consideração o novo modelo de gestão da IP, demonstrando a otimização, controle e automação dos pontos de IP, visando a segurança de motoristas e pedestres que trafegam nas vias, buscando aumentar a eficiência energética, e facilitar a logística de manutenção das instalações.

Objetiva-se também aumentar a vida útil do sistema de IP da cidade, minimizando os custos com manutenção, elevando a continuidade do fornecimento do serviço, garantindo, assim, uma maior segurança da população, principalmente devido a iluminação proporcionar uma sensação de segurança tanto nos locais onde antes não havia nada instalado, bem como nos locais existentes.

1.3.2 Objetivos Específicos

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

- a) Demonstrar a aplicação das luminárias LED, proporcionando assim uma melhor gestão e controle da IP;
- b) Reduzir o desperdício de energia, aumentando a eficiência energética da IP com projetos inteligentes, utilizando materiais e equipamentos mais atuais;
- c) Estudar conceitos básicos sobre Iluminação: Fluxo Luminoso, Intensidade Luminosa, Iluminância, Luminância, Temperatura de Cor Correlata (TCC), Índice de Reflexão e Índice de Reprodução de Cor (IRC);
- d) Levantar e efetuar estudos da situação atual da IP da cidade de Joinville;
- e) Comparar os resultados obtidos pela luminária existente nas condições normais com os resultados obtidos pelas luminárias LED;
- f) Chegar a uma conclusão através dos resultados obtidos, da eficiência e da economia para o sistema de IP do município.

1.4 Estrutura do Trabalho

O Capítulo 1 destina-se a ser introdutório, ressaltando tudo o que será abordado dentro do trabalho.

No Capítulo 2 abordar-se-á toda fundamentação teórica envolvida no desenvolvimento do trabalho proposto e serviços de IP, controle e gestão.

As novas tecnologias aplicadas à IP serão demonstradas no Capítulo 3, bem como, suas principais características, funcionalidades e aplicações.

O estudo de caso da cidade de Joinville será o tema do Capítulo 4, que abrangerá a implantação de luminárias LED no parque de iluminação.

Por fim, o Capítulo 5 apresentará a conclusão do estudo realizado, apontando os principais resultados.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Serviço de IP

Conforme a norma NBR 5101/2012, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), a IP é um serviço que tem como principal objetivo proporcionar visibilidade para a segurança do tráfego de veículos e pedestres, de forma rápida, precisa e confortável, provendo benefícios econômicos e sociais para os cidadãos, incluindo: redução de acidentes noturnos; melhoria das condições de vida, auxílio à proteção policial, com ênfase na segurança dos indivíduos e propriedades; facilidade do fluxo do tráfego; destaque a edifícios e obras públicas durante a noite; e eficiência energética (ABNT, 2012).

A IP é um serviço essencial nas cidades brasileiras e está diretamente ligada à segurança pública (prevenindo a criminalidade), embelezamento de áreas urbanas (destacando e valorizando monumentos, prédios, praças, paisagens) e um melhor aproveitamento das áreas de comércio e lazer em período noturno (BARBOSA, 2004). Isso mostra que a IP está intimamente associada com a qualidade de vida dos cidadãos e com o desenvolvimento socioeconômico regional, apresentando-se como um assunto de grande importância e sempre atual (CANDURA; GODOY, 2009).

O serviço de IP é regulamentado pela Resolução nº 414/2010 da Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL (ANEEL, 2010).

No Brasil, com base no levantamento efetuado pelo PROCEL (Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica) da ELETROBRÁS (Centrais Elétricas Brasileiras S. A.) junto às concessionárias de energia elétrica, em 2008, a IP possui aproximadamente 15 milhões de pontos de iluminação, tendo uma demanda de 2,2 GW (4,5% da demanda nacional) e um consumo de 9,7 bilhões de kWh/ano (3% do consumo total de energia elétrica do país) (PROCEL, 2010).

A IP está distribuída pelos mais de 5 mil municípios brasileiros, formando um grande parque, existindo ainda, uma grande diversidade de sistemas, tecnologias, níveis de atendimento e de qualidade dos serviços prestados (SILVA, 2006).

2.1.1 Regulamentação

Inicialmente, é necessário informar que as responsabilidades pela prestação do serviço de IP são das prefeituras municipais, de acordo com o que foi estabelecido no art. 30, inciso V da Constituição Federal (ANEEL, 2018).

A previsão de custeio desta atividade foi estipulada pela Emenda Constitucional n.º 39 de setembro/2002, que diz:

Art. 149-A Os Municípios e o Distrito Federal poderão instituir contribuição, na forma das respectivas leis, para o custeio do serviço de IP, observado o disposto no art. 150, I e III.

Parágrafo único. É facultada a cobrança da contribuição a que se refere o caput, na fatura de consumo de energia elétrica.

Contando com amparo constitucional, a Resolução Normativa ANEEL n.º 414, de 9 de setembro de 2010, no art. 218, definiu que os ativos referentes à IP (luminárias, lâmpadas, relés e reatores) seriam repassados das distribuidoras de energia para as prefeituras. (ANEEL, 2018).

2.1.2 Materiais existentes na IP

A seguir, serão apresentados os principais componentes existentes no sistema de IP, que incluem as lâmpadas, os reatores, o relé fotoelétrico e sistema de fixação na rede de distribuição de energia elétrica (ABNT, 2012).

2.1.2.1 Lâmpada a vapor de mercúrio em alta pressão

A lâmpada a vapor de mercúrio, ilustrada na Figura 1, tem sua produção de luz através da excitação de gases provocada por corrente elétrica. Na partida desta lâmpada há a ionização de um gás inerte, em geral o argônio, provocando um aquecimento no bulbo, fazendo evaporar o mercúrio e produzindo uma luz amarelada pela migração de elétrons. Na sequência, há a ionização do mercúrio; as colisões entre os elétrons livres deste com o argônio produz uma luz azulada, e a composição das duas é o resultado obtido desta lâmpada. Apresenta boa eficiência luminosa; entretanto, não possui acendimento instantâneo. Seu índice de

reprodução de cores é mediano, a impressão de cor é fria, tendo um maior consumo de energia elétrica quando comparado ao de outras com mesmo fluxo luminoso.

Esta tecnologia vem tendo sua utilização diminuída drasticamente, devido à introdução de tecnologias mais eficientes (LEÃO, 2014).

Figura 1 – Lâmpada vapor mercúrio.



Fonte: AVANT (2019).

2.1.2.2 Lâmpada a vapor de sódio em alta pressão

A lâmpada a vapor de sódio em alta pressão, visualizada na Figura 2, tem seu princípio de funcionamento muito similar à vapor de mercúrio, tendo como diferença básica a adição do sódio que, devido suas características físicas, exige que a partida seja feita mediante a um pico de tensão da ordem de alguns quilovolts, com duração da ordem de microssegundos (COPEL, 2012).

Esta tecnologia é utilizada para aplicação em sistemas de IP, sendo que a grande desvantagem desta fonte luminosa é seu baixo índice de reprodução de cor (IRC), além da cor amarelada da luz emitida.

Figura 2 – Lâmpadas vapor de sódio.



Fonte: EMPALUX (2019).

2.1.2.3 Lâmpada multivapores metálicos

A Figura 3 mostra a lâmpada MVM (multivapor metálico) que apresenta-se como uma evolução da tecnologia a vapor de mercúrio e muito semelhante a de vapor de sódio. O princípio é o mesmo, porém a adição de iodetos metálicos proporciona à fonte luminosa maior eficiência luminosa e IRC. A luz produzida é extremamente brilhante, realçando e valorizando espaços; por estes motivos esta lâmpada é empregada em sistemas de IP em locais em que se busca também o embelezamento urbano (COPEL, 2012).

Figura 3 – Lâmpadas multivapor metálico.



Fonte: EMPALUX (2019).

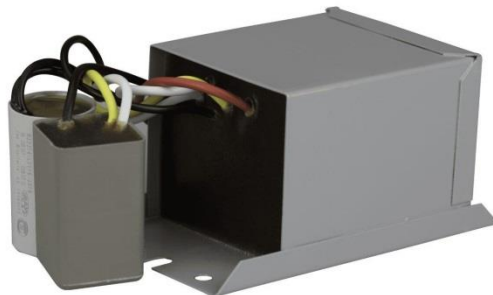
2.1.2.4 Reatores

A fim de limitar a corrente de alimentação é utilizado um reator. Basicamente, existem duas tecnologias disponíveis para reatores: os magnéticos e os eletrônicos.

Os reatores eletrônicos são fontes chaveadas em alta frequência, da ordem de quilohertz, que controlam a corrente de alimentação da lâmpada. Estes equipamentos, diferentemente dos reatores magnéticos, dispensam o uso de ignitores e de grandes capacitores externos para a correção do fator de potência. Possibilitam também o controle de outros parâmetros elétricos da lâmpada, conferindo a ela maior vida útil e maior rendimento em todo o conjunto. Contudo, devido ao alto custo e à menor robustez, se comparado ao magnético, ainda não foram amplamente empregados.

Por sua vez, os reatores magnéticos são indutores dimensionados para operarem na frequência da rede elétrica. Podem ser subdivididos em internos (Figura 4) e externos (Figura 5), dependendo da aplicação. Os externos são geralmente fixados na estrutura de sustentação e, se necessário, possibilitam a conexão com os relés fotoelétricos. Junto com o indutor, no interior do reator são instalados o ignitor e um capacitor para correção do fator de potência (DEMAPE, 2012).

Figura 4 – Reator interno.



Fonte: DEMAPE (2019).

Figura 5 – Reator externo.



Fonte: DEMAPE (2019).

2.1.2.5 *Relé fotoelétrico*

Como podemos verificar na Figura 6, o relé fotoelétrico pode ter os princípios de funcionamento denominados térmicos, magnéticos e eletrônicos. O acionamento por princípio térmico se dá por meio da deformação de lâminas bimetálicas, devido à passagem de uma corrente elétrica, que só ocorre quando o nível de iluminância atinge valor suficiente para sensibilizar o sensor fotoelétrico. No relé magnético é utilizada uma chave eletromecânica que alterna a posição de seus polos através da força gerada por um campo magnético induzido por uma corrente elétrica fluindo em sua bobina. Esta corrente também é originada pela sensibilização da célula fotoelétrica.

Relés com acionamento eletrônico também utilizam chaves eletromecânicas, porém a corrente de acionamento das chaves provém de circuitos eletrônicos que, a partir das alterações da fotocélula, podem ser projetados de maneira a prover temporizações, proteções de sobrecorrentes e sobretensões ou estresses na própria chave, conferindo maior durabilidade ao equipamento. (INTRAL, 2012).

Figura 6 – Relé fotoelétrico.



Fonte: INTRAL (2019).

2.1.2.6 Luminárias existentes

Inicialmente, as luminárias tinham por função apenas servir de sustentação e interface de conexão entre as lâmpadas e a rede elétrica. Na Figura 7 é apresentada uma luminária antiga e inadequada, utilizada em IP. Neste caso é possível observar que a fonte luminosa está exposta a intempéries e outros agentes como vandalismo e insetos, além de não prover o direcionamento do fluxo luminoso adequado para o local onde se deseja iluminar (COPEL, 2012).

Buscando aumentar a eficiência da iluminação, foram desenvolvidos diversos tipos de luminárias com conjuntos ópticos diferentes, direcionando a maior parte do fluxo luminoso emitido pelas lâmpadas, visando iluminar apenas as áreas de interesse, conforme as luminárias integradas também existentes na IP ilustrada na Figura 8.

Figura 7 – Luminária fechada sem equipamento.



Fonte: COPEL (2019).

Figura 8 – Luminária fechada integrada.



Fonte: COPEL (2019).

2.1.2.7 Fixações em postes da rede elétrica

O sistema de fixação da IP, em sua maioria, ainda é o poste da rede de distribuição da energia elétrica das concessionárias, sendo sua fixação feita através de parafusos ou cintas, dependendo do tipo do poste: duplo T ou circular. (COPEL, 2012).

Nas grandes cidades e em grandes avenidas tem-se adotado o sistema de iluminação independente da rede de distribuição. Tal fenômeno se dá em virtude do alto investimento em um sistema independente.

2.1.3 Conceitos de IRC e TCC

Segundo a Copel (2019) a TCC (Temperatura de Cor Correlata) classifica a cor de uma fonte de luz, quando comparada com a radiação do radiador absoluto. É medida em Kelvins, e varia de 1.500K, cuja aparência é laranja/vermelha, até 9.000K cuja aparência é azul. As variações de cor apresentadas pelas lâmpadas são consideradas como: lâmpadas “quentes” com aparência amarelada e temperatura de cor igual ou inferior a 3.000K; lâmpadas “neutras” com temperatura de cor que

varia entre 3.000K a 4.000K;^m lâmpadas “frias” com aparências azul/violeta e temperatura de cor superior a 4.000K. A “luz branca natural” é aquela emitida pelo sol em céu aberto ao meio dia, cuja temperatura de cor é de 5.800K.

Conforme a Lume Arquitetura (2019) o IRC (Índice de Reprodução de Cor) é um conjunto de cálculos que fornece a medida do quanto as cores percebidas do objeto iluminado por esta fonte se aproximam daquelas do mesmo objeto iluminado por uma fonte padrão para poder comparar as características de cor de vários tipos de fontes de luz e baseado na aparência de um número de cores de testes sob diferentes iluminantes, foi introduzido pela CIE (*Comission Internationale de l’Eclairage*). O médio das diferenças de cor, ocorrendo quando as cores de teste são alternadamente iluminadas, primeiro pela lâmpada sob teste e depois pela fonte de referência, providencia uma boa medida das características de reprodução de cor da fonte sob teste. O índice tem um valor máximo de 100, que ocorre quando as distribuições espectrais da fonte sob teste e da fonte de referência são idênticas. Somente para o caso das fontes de luz tipo luz do dia, o significado do Ra (Índice de Reprodução de Cor Geral) é uma medida do quanto à reprodução das cores por esta fonte se aproxima daquela pela luz natural, e quanto maior o valor de Ra, melhor a reprodução da cor. O IRC é classificado da seguinte forma: (50 – 80) reprodução de cor razoável; (80 – 90) reprodução de cor boa; e (90 – 100) reprodução de cor muito boa.

2.1.4 Dimerização

A dimerização é uma possibilidade muito estudada para implantação em alguns pontos de iluminação em que se faz uso das luminárias LED. Contudo, essa alternativa ainda é muito discutida juridicamente, especialmente em casos de acidentes, devido à alteração de fluxo luminoso, o que também mexe com o conforto visual. Esses conceitos continuam a ser debatidos a fim de obter um respaldo normativo no que se refere a sua aplicação, levando-se em conta uma limitação oriunda da falta de medição do consumo de energia da IP, assim como estudos realizados por engenheiros de tráfego.

2.1.5 Georreferenciamento

O georreferenciamento é um sistema que tem como objetivo a representação da informação, sendo esta associada ao espaço geográfico referenciado. Trata-se de uma técnica com finalidade de atribuição de coordenadas geográficas a determinados pontos do espaço geográfico, utilizando-se, para isso, de conhecimentos em cartografia, sistemas de informação geográfica e topografia. É baseado no princípio geral com a finalidade de localização de um espaço geográfico pelo uso de um determinado dispositivo. Sendo assim, os pontos sinalizados em um mapa podem estar relacionados com diversos tipos de informação (DPI, 2019).

3 NOVAS TECNOLOGIAS APLICADAS A IP

3.1 Luminária LED

A iluminação proveniente de LEDs pode ter como vantagens a longa vida útil, mínima manutenção, alta eficiência energética, liberdade no desenvolvimento e design de luminárias, emissão de luz direta, alto índice de reprodução de cores, acendimento instantâneo, robustez e isenção de vibração, não emissão de raios ultravioletas e infravermelhos, além de contribuírem para a redução da poluição luminosa (NEVES, 2012).

Nos últimos anos, com o desenvolvimento dos LEDs de potência, esta fonte de luz passou a ser explorada também na iluminação de exteriores, possuindo um grande potencial para serem empregados em iluminação de vias públicas (RODRIGUES, 2012).

Sendo assim, é muito importante a verificação das novas tendências tecnológicas proporcionando uma redução de gastos, com a garantia de uma eficiência energética satisfatória e que apresentem maiores graus de satisfação visual, pois a IP convencional tem menores resultados em alguns aspectos, como a baixa reprodução de cor (PHILIPS, 2018). Na Figura 9, é apresentada uma luminária LED.

Figura 9 – Luminária LED (Philips RoadFlair).



Fonte: PHILIPS (2018).

Convém destacar alguns pontos de desvantagem na utilização das luminárias LEDs. Um deles é que apesar de já termos uma grande quantidade deste tipo de produto sendo comercializado no país, seu custo ainda é um pouco elevado em comparação com as luminárias equipadas com lâmpadas de descarga, fazendo com que o retorno do investimento seja um pouco mais longo do que o esperado. Outra desvantagem é que devido ao fato de não ter ainda uma regulamentação para este tipo de luminária, não é possível comprovar a validade dos dados que são fornecidos pelos fabricantes. (SALES, 2011).

3.2 Sistema de telegestão

O sistema de telegestão de IP consiste numa solução para gerenciar remotamente os pontos de IP, ampliando a eficiência na forma de gerir este serviço, racionalizando custos, reduzindo o consumo de energia, entre outros benefícios à população.

As das principais funções do sistema são, a funcionalidade de ligar, desligar e dimerizar uma lâmpada de maneira remota, permitindo a medição de consumo de energia elétrica, detecção de falhas em tempo real, além do controle automático da iluminação de praças, parques, vias, pontes, viadutos, entre outras. (ABINEE, 2018).

A telegestão não apenas possibilita o controle, a medição e o gerenciamento do parque de IP, como acaba por se tornar uma oportunidade pela qual poderá ser criada uma infraestrutura de rede, acessada através da internet. Isso também contribuirá para que uma cidade se torne inteligente, por permitir que a iluminação esteja distribuída em todo seu território (CONSTRUCT, 2018).

O sistema de telegestão é formado por um conjunto de *hardwares* e *softwares* capazes de dimerizar os pontos luminosos, coletar coordenadas de GPS, atuar como fotocélula convencional, detectar falhas, monitorar, controlar e medir a temperatura ambiente e as grandezas elétricas da Rede de Iluminação e seus componentes, além de permitir a integração com um sistema de gerenciamento de IP (ABINEE, 2018).

Quando o controle da iluminação é feito de maneira descentralizada, ou seja, poste por poste ou circuito por circuito, não é incomum encontrar lâmpadas acesas durante o dia ou lâmpadas apagadas durante a noite. Como não se tem o controle e o monitoramento da manutenção desses sistemas, determinando que a troca de uma lâmpada seja efetuada, a informação de que o ponto está aceso durante o dia ou apagado durante a noite fica a cargo da população, que entra em contato com o setor responsável pela iluminação no município. Essa dinâmica gera uma reclamação oficial e uma conseqüente solicitação para que a equipe de manutenção vá até o local a fim de realizar o serviço. Outras vezes, a cidade utiliza equipes que ficam circulando à procura de pontos com defeito, tanto durante o dia, quanto à noite (LEÃO, 2014).

Os componentes do sistema de telegestão são o controlador, *gateway*/concentrador, *softwares* de gestão e dispositivo móvel de operação. O Controlador é o dispositivo instalado junto à luminária cuja finalidade é gerenciar seu funcionamento através de sensores enviando mensagens sobre o status do conjunto de iluminação e do recebimento de comandos de programação e atuação. Possui ainda capacidade de medir e transmitir informações referentes ao consumo de energia de cada conjunto (ABINEE, 2018).

Gateway/Concentrador é o equipamento responsável pelo gerenciamento de dispositivos diversos conectados em rede e da comunicação com o sistema de processamento e gerenciamento das informações obtidas da rede localizadas em servidores remotos.

Softwares de gestão possibilitam a operação e gestão do sistema de telegestão e o controle de todos os dispositivos instalados em rede via CCO (Centro de Controle de Operações) através de conexão Web. Além disso, o controle também pode ser feito por meio de dispositivos móveis (*Smartphone*, *Tablet* e assistente pessoal digital).

Dispositivo móvel de operação é o equipamento portátil (*walking by*) com capacidade de operação direta nos dispositivos conectados em rede que também pode ser usado como alternativa de contingência para uma eventual queda do gerenciador de rede.

De acordo com a SmartGreen (2019), o sistema de telegestão proporciona a facilidade e agilidade no controle do ponto de iluminação, possibilitando ligá-lo ou desligá-lo, além de permitir a automatização da iluminação de vias, parques, praças, pontes, monumentos, viadutos, apenas para citar alguns equipamentos públicos. Esse sistema também permite a medição do consumo de energia elétrica e a verificação no tempo real das atividades dos pontos de iluminação, facilitando, assim, a intervenção das equipes de manutenção e melhorando consideravelmente a correção de falhas.

Gerenciamento remoto é a solução que o sistema de telegestão e telemetria proporcionam nos parques de IP, gerando uma grande melhora na eficiência e na gestão dos serviços disponibilizados pelas prefeituras, baixando o custo e aumentando a segurança das pessoas devido à eficiência da iluminação (SMARTGREEN, 2019).

Com a utilização das luminárias LED é possível fazer o controle do fluxo luminoso, ou seja, a dimerização do ponto de iluminação e também diversos tipos de programações: diárias, semanais, mensais e/ou exclusivas, além de ligar, desligar ou dimerizar o dispositivo.

O sistema é composto por dispositivo remoto, rede inteligente de comunicação de dados, gerenciador de rede para comandar automaticamente todos os dispositivos que estiverem conectados na rede, além de dispositivo móvel para as operações em rede e os *softwares* de operação, controle e gestão, possibilitando a integração com outros tipos de sistemas.

Segundo a SmartGreen (2019), o Controlador remoto é o dispositivo que vai instalado junto a luminária, para fazer o gerenciamento do seu funcionamento através de sensores que captam as informações e enviam mensagens sobre todo o ponto de iluminação, além do recebimento de comandos para atuação e as diversas programações que podem ser realizadas. Esse Controlador ainda possui a capacidade de medição e transmissão de informações como a do consumo de energia e a função de formar uma rede de comunicação em malha (Rede Mesh), pelo dispositivo embarcado de comunicação sem fio.

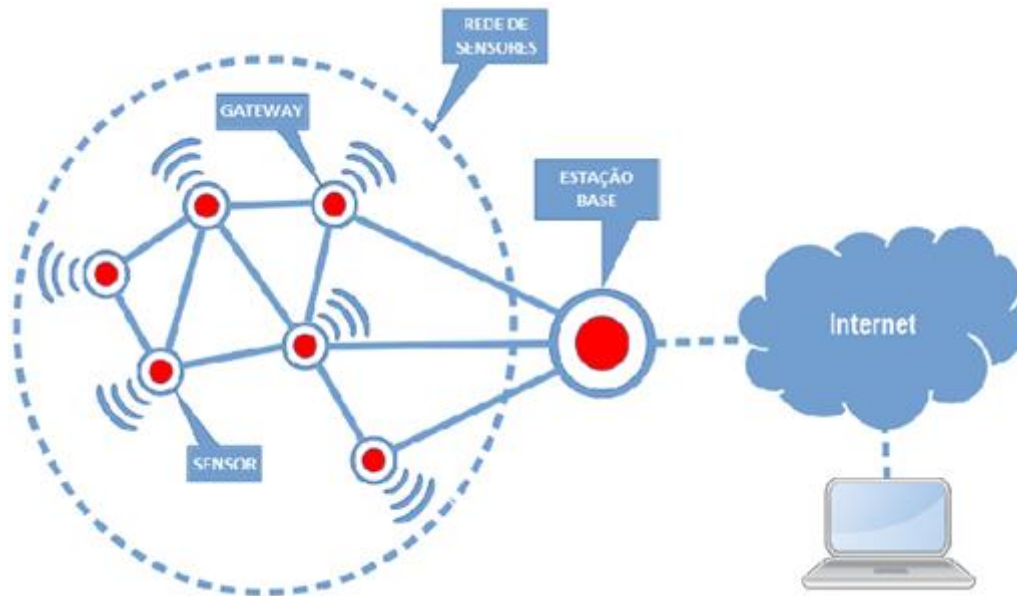
3.2.1 Concentrador de rede

Conforme a SmartGreen (2019), o concentrador deve operar de 85 a 265 Vac, permitindo atualizações de sistema, e remotamente configurar os parâmetros internos, tendo duração mínima da bateria com capacidade de 6 horas, quando houver interrupção no fornecimento de energia. Sua capacidade de armazenamento é de 100.000 mensagens em razão da perda da conexão com o servidor, devendo possuir acesso remoto via VPN (Rede Privada Virtual) e SSH (*Secure Shell*). Com o servidor remoto sua conexão deve ser segura, possibilitando a autenticação com criptografia dos dados que trafegam entre as partes interligadas, através da criação de uma VPN, permitindo conexões físicas diversas com a internet (*Ethernet/LAN*, 3G, LTE), possibilidade automática de reconexão com servidor remoto da aplicação (*watchdog* monitorando dos serviços do sistema operacional; no caso de uma trava, é reiniciado os serviços de forma automática, e realiza teste de conectividade).

O concentrador deve possuir também uma interface de monitoramento funcional dos serviços internos do sistema operacional (visualização do estados dos serviços que rodam no concentrador pela interface remota), permissão da exportação de dados (logs dos serviços internos, estado das redes, dados do sistema operacional, estatísticas de uso de hardware, interfaces de redes TCP/IP, conectividade da conexão com a internet móvel, dados da VPN). Ao verificar problemas no funcionamento como quedas de energia, carga baixa de bateria, temperatura de operação anormal, memória cheia, deverá informar o sistema através de alertas, comunicação através de rede RF *Mesh* com outros dispositivos para futuras aplicações. O objetivo desta comunicação é a possibilidade de comunicação futura de pontos de IP, bem como pontos de gestão de consumo de água, gás, ou outros dispositivos.

Além disso, o concentrador deverá também permitir conexão com no mínimo 300 outros equipamentos através de uma rede RF *Mesh*, podendo ser tanto para comando individual ou em grupo, permitindo diversas aplicações.

Figura 10 – Rede *Mesh*.



Fonte: GTA/UFRJ (2019).

3.2.2 Aplicação de múltiplos serviços, com uso da tecnologia

A tecnologia de comunicação sem fio de rede RF *Mesh*, viabilizando, dentro do sistema, a interligação com outros tipos de serviços e possibilitando o desenvolvimento de novas aplicações em gestão, controle e automação (SMARTGREEN, 2019).

O sistema estará conectado por uma rede ethernet através do concentrador, sendo transmitidas as informações criadas pelas novas aplicações para os servidores em nuvens e deles para os terminais de operação, com a função de unificar as informações recebidas e possibilitar a gestão das aplicações em um portal WEB de acesso remoto, através de software.

Com a conexão de forma remota a um software de gestão, diversos outros dispositivos ou sistemas poderão estar aptos a se conectarem e transmitirem dados de diferentes serviços.

Na visão da SmartGreen (2019), são considerados múltiplos serviços aplicações relacionadas a automação, supervisão, controle e alarme de sistemas ou equipamentos que estiverem instalados e que possam receber acoplamento remoto e que seja integrada a rede RF *Mesh* criada para circuitos de medição de consumo de energia, tendo como objetivo a interligação de dados num único software de

gestão WEB. Dentre os vários serviços, exemplifica-se possíveis aplicações futuras como a medição de consumo de água, medição de consumo de gás dos pontos existentes e automação da IP.

3.2.3 Especificações técnicas e atributos de arquitetura do sistema de telegestão

Conforme a SmartGreen (2019), o sistema deve operar em plataforma WEB, que seja compatível com os tipos de navegadores disponíveis no mercado, podendo operar em qualquer sistema operacional. Possui interface única de usuário, por onde terá acesso ao sistema, executando as funções relacionadas a telemetria e gestão, com acesso unificado às funcionalidades do sistema, sendo o tipo de acesso diferenciado para cada perfil de usuário (SMARTGREEN, 2019).

Possui condição de salvar os comandos enviados mostrando sua falha ou sucesso, período de execução e parâmetros, permitindo a exportação dos resultados das consultas, das informações mostradas nos relatórios. No módulo administrativo, permite ao administrador do sistema a criação de perfis de acesso, definição de aplicações e suas permissões, específicas para cada aplicação. Na ferramenta de controle o administrador do sistema pode aplicar aos perfis de usuários regras específicas, de forma a restringir e liberar acesso ao sistema conforme o perfil definido. Também é possível vincular ao usuário a vários perfis, bem como associar um perfil a vários usuários, criação de padrões de senha, tais como: tamanho, caracteres permitidos e caracteres especiais, bem como, uma lista de senhas não permitidas.

O sistema dispõe de ferramenta que permite a criação de arquivos de integração através de interface gráfica, possibilitando que o resultado dos filtros provenientes dos serviços WEB seja gerado em formato definido pelo cliente, com condições de identificar as informações que foram importadas ou exportadas de arquivos ou processos externos, demonstradas através de relatórios de fácil visualização. É conveniente possuir aplicativos móveis que possam ser instalados em dispositivos móveis comuns (no mínimo Android), possibilitando o cadastramento de pontos georeferenciados, com ou sem a conexão com a internet, utilizando-se de GPS do dispositivo. Isso permite a atuação nos dispositivos remotos com finalidade de acender, apagar e dimerizar lâmpadas, incluindo o controle de acesso exclusivo

com liberação específica para usuários com permissão de envio de comandos independente do acesso geral ao sistema, possuindo mecanismos de armazenamento de log de operações realizadas no sistema e o recebimento e gravação de mensagens oriundas da rede, bem como um sistema de recuperação de informações em caso de falha no servidor principal.

Conforme a SmartGreen (2019), deve-se ter uma ferramenta para configuração e parametrização do banco de dados do sistema através de interface WEB, sem a necessidade de instalação de outros aplicativos que permita a extração de dados do sistema através de ferramenta nativa, interativa, indicando quais os campos serão coletados e a consequente geração de arquivos aptos a serem integrados em outros sistemas externos, com arquitetura que permita ser instalada e configurada de forma fácil em diferentes ambientes, conforme definição do cliente. Deve possuir também a capacidade de operação de dispositivos com outras características, instalados na mesma rede, caracterizando uma estrutura de rede operada no conceito multi-aplicação. Deve possibilitar, por fim, o uso de dispositivos de medição de consumo de energia elétrica instalada na mesma rede dos dispositivos de iluminação.

3.2.4 Funcionalidades específicas

3.2.4.1 *Equipamento remoto*

Uma das características do equipamento, de acordo com a SmartGreen (2019), é permitir a instalação de dispositivos individuais em qualquer tipo de luminária de qualquer modelo e fabricante, com reator interno ou externo, luminárias LED e convencionais, de forma visível (sobre a luminária ou sobre uma base) e não visível (embutida em luminárias ou em postes). Também permite a instalação em postes e em luminárias decorativas e históricas de maneira interna sem que sua presença seja percebida. Os dispositivos devem se adaptar a qualquer tipo de instalação, podendo ser fotocélulas de 3 pinos (sem dimerização), 7 pinos (com dimerização, com medição real) ou através de sistema adaptável a instalações que devem ficar embutidas nas luminárias ou até mesmo dentro de postes (com

dimerização, com medição real), com mecanismo interno de configuração de execução de comandos.

O dispositivo deve ser configurado para acionar e confirmar a execução de comandos, tendo a capacidade de armazenamento de mensagens. Quando desconectado ou desligado da alimentação elétrica, o dispositivo deve armazenar as informações e transmiti-las tão logo seja reconectado e também deve possuir capacidade de guardar os parâmetros de programação gravados em memória não volátil.

Ainda conforme a SmartGreen (2019), os dispositivos remotos de controle de IP devem possuir mecanismo de dimerização (controle de intensidade luminosa) quando instalados em luminárias LED (o protocolo de acionamento e controle de dimerização das luminárias deve ser aberto e disponível), possuindo mecanismo de detecção de mudança do status da lâmpada (transição do estado da lâmpada ao ligar e desligar). Além disso, devem enviar mensagem ao servidor sempre que houver mudança e prever a configuração de intervalo de tempo de envio de mensagem automática. O tempo programado padrão deve ser definido pelo administrador do sistema e deve ser informado em minutos. Mensagens automáticas devem ser enviadas no intervalo de tempo programado contendo as seguintes informações:

- ✓ Valor do medidor de Energia ativa (kWh) e reativa (kvar);
- ✓ Consumo de corrente da lâmpada (em Amperes);
- ✓ Consumo de corrente do conjunto de iluminação (em Amperes);
- ✓ Tensão de alimentação/operação do dispositivo (em Volts);
- ✓ Potência consumida (em Watts);
- ✓ Intensidade luminosa programada (em percentual);
- ✓ Status do equipamento (Aceso, Acendendo, Queimado, Apagado, Corrente elevada).

É de grande importância a instalação de mecanismo que permita aos dispositivos remotos a possibilidade de medição eletrônica de consumo de energia elétrica integrados ao dispositivo de iluminação sem visualização externa, com a

finalidade de realizar medições de consumo individuais e detectar queda de energia, devendo então guardar a informação da data e horário da queda e transmitir quando religar e reconectar ao sistema. Outro mecanismo relevante é o que permite a atualização de *software* embarcado através de mecanismo OTA (*Over The Air*) para que quando necessário, a atualização do firmware seja feita sem a necessidade de acesso físico ao dispositivo já instalado.

Os dispositivos remotos devem ainda enviar informações de indicadores de qualidade de energia quando solicitados via comando executado através do sistema contendo as seguintes informações:

- ✓ Corrente e tensão;
- ✓ Harmônicas;
- ✓ RMS;
- ✓ Quadraturas de tensão;
- ✓ Referências de seno e cosseno;
- ✓ Relação Volt/Ampere (potência aparente);
- ✓ Alarmes de variações mínimas e máximas de voltagem;
- ✓ Frequência de tensão AC;
- ✓ Surtos de tensão;
- ✓ Fator de potência.

O mecanismo deve ser apto a enviar diagnósticos de sucesso e falhas, programações, configurações, dados de identificações armazenados internamente, e indicar a presença de sensores externos quando conectados a ele (por exemplo, sensor de temperatura e luminosidade), sempre que solicitados via comando executado através do sistema. Deve permitir, igualmente, múltiplos agendamentos diários com horário para ligar, desligar e dimerização (deve permitir no mínimo 4 agendamentos diários por dispositivo) (SMARTGREEN, 2019).

3.2.4.2 *Dispositivo móvel de operação da rede*

Segundo a SmartGreen (2019), dentre as funcionalidades do dispositivo móvel de operação de rede está a capacidade de assumir e controlar de maneira contingencial toda a rede no caso de falha dos gerenciadores de rede, se comunicar com a rede de dispositivos sem necessidade de plano de dados com operadoras, permitir o mapeamento da rede de dispositivos (localização e identificação de dispositivos diversos na rede), enviar comandos de consulta, comandos para ligar, desligar e dimerizar aos dispositivos da rede e fazer a sincronização de eventos em tempo real com a aplicação servidor desde que dotados de comunicação (via 3G/4G ou *wifi*).

Deve também ser capaz de exportar os dados gravados para o servidor da aplicação ou para computadores pessoais quando conectados via serviços de celular, WiFi ou USB, fazer a consulta de detalhes da instalação e da configuração do dispositivo na rede junto ao servidor através de aplicativo de leitura de código de barras ou QRCode, possuir aplicação móvel (APP) capaz de mostrar graficamente e através de listas a relação de dispositivos devidamente separadas por status (acesos, apagados, em manutenção), bem como apresentá-los em mapa digital acessando diretamente o servidor (SMARTGREEN, 2019).

3.2.4.3 *Gerenciador de rede*

Conforme a SmartGreen (2019), a rede deve gerenciar, no mínimo, 300 dispositivos remotos para cada gerenciador de rede, permitindo a atualização de sistemas e configurações de parâmetros internos de forma remota, ter capacidade de gerenciar dispositivos com versões de hardware e firmware diferentes na mesma rede (controle de legado). É necessário contar com bateria com duração mínima de 6 horas de funcionamento em caso de queda de energia, permitir conexões físicas diversas com a Internet (Ethernet/LAN, 3G, LTE), reconexão automática com o servidor da aplicação (watchdog para monitoramento de serviços do seu sistema operacional e testes de conectividade). Precisa dispor de monitoramento funcional dos serviços internos do seu sistema operacional (interface remota para visualização do estado dos serviços que rodam no gerenciador), permitindo a exportação de

dados (logs dos serviços internos, estado das Redes, dados do Sistema Operacional, estatísticas de uso do hardware, interfaces de redes TCP/IP, conectividade da conexão com a Internet Móvel, dados da VPN).

O gerenciador de rede também deve alertar o sistema de gestão ao detectar anomalias no funcionamento (queda de energia, bateria com carga baixa, temperatura de operação fora do normal, memória interna cheia), além de ter capacidade de armazenamento de no mínimo 100.000 mensagens no caso de perda de conexão com o servidor, possibilitando o acesso remoto via VPN e SSH.

A interligação com o servidor do sistema deve ser viabilizada de forma segura, garantindo a autenticação das partes interligadas e a criptografia dos dados que trafegarem entre elas mediante criação de uma rede privada virtual (VPN) (SMARTGREEN, 2019).

3.2.4.4 *Software de telegestão*

O *software* de Telegestão de acordo com a SmartGreen (2019), deve permitir ao usuário com perfil de acesso de administrador o cadastramento dos atributos dos pontos de iluminação e seus componentes de forma customizável, possuindo componentes nativos como tipo, grupo, modelo e característica, além de permitir a inclusão de novos componentes a critério do cliente sem customização por meio de código fonte, facilitando o cadastramento dos dispositivos e posterior visualização em mapas georreferenciados, diferenciando-os por cores e formas que indiquem os atributos e os componentes do ponto de iluminação, a atualização automática do cadastro de iluminação a cada intervenção, possibilitando o rastreamento dos atributos originais e a integração de arquivos externos com informações do cadastro das instalações dos pontos de iluminação.

O sistema deve permitir que o cadastramento dos atributos dos pontos e dos materiais aplicados possa ocorrer em lotes através de importação ou exportação de lista de dispositivos e seus componentes, possuindo controle de protocolo de envio de comandos. Cada comando de envio deve possuir um registro único no sistema, com controle e consulta de transmissões trocadas (enviadas e recebidas) com os dispositivos de rede instalados remotamente, devendo ter cadastros

interativos de fácil visualização de gerenciadores de rede, roteadores e equipamentos remotos de iluminação. (SMARTGREEN, 2019).

O controle de acesso e gestão de perfis de usuários, com recursos de ajuda on line, bem como, manuais em PDF disponíveis para *download* no site devidamente atualizados, também deve ser permitido, assim como, através de acesso especial, restrito ao administrador do sistema, consulta de serviços dos gerenciadores de rede usando comunicação direta do sistema com os gerenciadores de rede, com controle de códigos de erros possíveis no sistema (eventos gerados em todo o sistema). Deve ser constituído de sistema de avisos de não conformidades de transmissões, demonstrativo de gestão do consumo por ponto e por grupo e por período de tempo:

- ✓ Padrão (baseado no tempo determinado pela ANEEL – 11h52min);
- ✓ Medido (consumo real medido por medidor interno);
- ✓ Estimado (tempo real aceso).

Ainda de acordo com a SmartGreen (2019), o *software* de Telegestão deve contar com módulo de relatórios gerenciais que permitam a visualização de mapas digitais e relatórios com demonstrativos sintéticos e analíticos, gráficos e funcionalidade que permita a visualização georreferenciada dos pontos de iluminação, demonstrativo de gestão do tempo de operação das lâmpadas por ponto e por grupo e por período de tempo (no dia e no mês), permitindo filtrar no mapa os pontos de iluminação com determinado valor de atributo ou material que o compõe, consolidado por grupo ou individualmente e período de datas. O sistema precisa possuir demonstrativo de consulta dos pontos de iluminação de modo gráfico e analítico (mapas e relatórios), mostrando todas as suas características cadastradas, bem como permitir a configuração de parâmetros de operação dos dispositivos (tempo padrão, tarifa e metas) para fins estatísticos, bem como, demonstrar em formato de relatórios ou gráficos o acompanhamento do consumo conforme os parâmetros configurados.

O sistema deve ser dotado de uma central de alertas mostrando lâmpada apagada de noite e acesa de dia, lâmpada apresentando funcionamento defeituoso e consumo excessivo por ponto, permitindo que através de um alerta seja possível gerar a OS (Ordem de Serviço), bem como, o fechamento da OS através da

indicação de ciência do usuário. Deve ter a funcionalidade de agrupar alertas iguais num único registro ou ordem de serviço para facilitar o acompanhamento e o atendimento a esse alerta, permitindo a consulta das transmissões por períodos (filtros por dispositivo, por grupo, por período), gerando gráficos dos sensores lidos e enviados pelo dispositivo de iluminação (por exemplo: corrente, consumo, status aceso e apagado, entre outros).

O sistema também deve permitir o agendamento de comandos e programação dos dispositivos de iluminação, possuir interface gráfica de envio de comandos individuais e em grupo para dimerizar, programar, ligar, desligar o dispositivo de iluminação, possuindo relatórios indicando a programação atual dos dispositivos de iluminação, com capacidade de gerenciar dispositivos com diferentes versões de *hardware* e *firmware* (gestão de legado). Deve ser capaz de manter o vínculo dos dados relacionados ao ponto de iluminação instalado, independente da troca dos equipamentos do sistema (rastreadabilidade do ponto instalado), e permitir a validação dos pontos cadastrados através de dispositivos móveis, para garantir a integridade das informações coletadas e cadastradas. Ainda deve conter módulo de operação e manutenção que permita emitir e controlar todas as atividades corretivas e preventivas realizadas na instalação mantendo seu histórico de manutenções.

A SmartGreen (2019) determina que o *software* deve possuir mecanismos de consulta e acesso rápido as informações através de relatórios, mapas e gráficos, demonstrando, por esses meios, o consumo individual e em grupo num período informado. O consumo deve aparecer em KW/h de forma individual e acumulado por dia. Mecanismos de consulta e acesso rápido às informações semelhantes devem ser feitos a respeito das variações de tensão de alimentação, de corrente, demonstrando através de mapas digitais interativos os dispositivos georeferenciados distintos por símbolos e cores que identifiquem sua aplicação bem como disponibilizar filtros rápidos para selecioná-los no próprio mapa sem a necessidade de sair da visualização do mapa atual, sendo necessário possuir mecanismo de confirmação de execução de envio de comandos (SMARTGREEN, 2019).

3.2.4.5 Software de gerenciamento de alarmes e ordem de serviços

Segundo a SmartGreen (2019), o sistema deverá gerar notificações de alertas automaticamente conforme regras programadas pelo administrador do sistema, permitindo que se configurem regras mínimas para detectar:

- ✓ Lâmpadas queimadas;
- ✓ Lâmpadas acesas durante o dia;
- ✓ Lâmpadas apagadas durante a noite;
- ✓ Equipamentos com consumo de corrente muito alta;
- ✓ Equipamentos com variação de tensão fora dos padrões;
- ✓ Equipamentos sem comunicação.

Além disso, o sistema deve permitir a verificação dos alarmes antes da geração das ordens de serviços, dando a opção de ciência sem geração de ordem de serviços. De forma unitária ou em grupo, os alarmes devem ter opção de ser integrados a sistemas externos indicados pelo cliente, tendo de forma nativa a possibilidade de geração de ordem de serviço, bem como seu envio para equipes de manutenção. O recebimento de ordens de serviços poderá ser realizado em sistemas acessados via *web* e também através de aplicativos especialmente feitos para sistemas móveis.

O sistema móvel deve permitir que o fechamento da ordem de serviço seja feita no local do atendimento, como detecção automática do local através de sistemas de GPS. O sistema de fechamento de ordem de serviço deve possibilitar que as opções de atendimento sejam pré-configuradas; já o sistema móvel de atendimento deve permitir que o usuário registre em fotos o atendimento realizado, sendo relacionados os equipamentos e materiais usados na manutenção e ou troca dos equipamentos com defeitos.

O sistema de gestão deve possuir controle de estoque para registro dos equipamentos e materiais que serão usados em manutenções. Por sua vez, o sistema de materiais deve permitir as operações de entrada e saídas de materiais do estoque com controle de quem autorizou e quem retirou, devendo controlar o retorno

de material de campo, permitindo também seleção de materiais que retornam para estoque, que serão avaliados se deverão ser descartados.

3.3 Cidades Inteligentes

3.3.1 Principais características

Na visão da Gazeta do Povo (2019), para a geração de uma rede inteligente destaca-se a instalação de um sistema de câmeras inteligentes, proporcionando a verificação de acidentes, assaltos, fluxo de veículo, bem como outras possibilidades.

No que se refere à IP, é possível elencar a variação de luminosidade em determinadas horas do dia, que tanto pode ser obtida por meio da dimerização quanto pela verificação de movimento. A instalação de pontos de internet gratuita em determinados polos da cidade acaba por melhorar os serviços de telecomunicação. Outro aprimoramento se dá a partir da utilização dos posteamentos com sistemas de medição de eletricidade e água (*Smart Grid*).

As cidades que mais utilizarem e conseguirem aperfeiçoar seus principais recursos, tanto na parte de iluminação, bem como no fornecimento de água, esgoto, mobilidade, lixo, tecnologia, entre outros aspectos, a fim de melhorar a qualidade de vida das pessoas, serão consideradas cidades inteligentes.

Há uma estimativa de que existem cerca de 16 milhões de pontos de IP no Brasil, sendo que destes muito poucos estão sendo explorados. Portanto, existem inúmeros pontos ainda a serem utilizados para a criação das cidades inteligentes (GAZETA DO POVO, 2019).

A Parceria Público-Privada (PPP) é a modalidade de contrato administrativo das relações público-privadas relacionada à infraestrutura e serviços voltados aos interesses públicos. De acordo com a Lei 11.079/2004, este tipo de instrumento já vinha sendo adotado em diversos outros países há mais de 20 anos. Funcionando como fomentos de políticas públicas em países com situações econômicas e sociais diferentes, tais instrumentos proporcionam uma melhoria na qualidade dos serviços prestados, auxiliando na contenção de gastos dos

orçamentos públicos. Diversas capitais brasileiras já iniciaram o processo formal de análise para implementação das PPP's, na gestão dos seus parques de IP (ABDIB, 2019).

Ainda conforme a Abdib (2019), alguns pontos verificados que servem de incentivo na definição da mudança de forma de gestão para o tipo PPP são:

- ✓ As restrições financeiras do agente responsável pelos investimentos;
- ✓ Um maior equilíbrio no compartilhamento de riscos;
- ✓ Nível de abrangência do projeto;
- ✓ A disponibilidade de financiamento;
- ✓ Metas de efficientização;
- ✓ Fatores regulatórios locais;
- ✓ Pagamento vinculado à performance (Indicadores de Desempenho).

De acordo com o Sebrae (2019), as cidades inteligentes, devem ser observadas todas suas particularidades, pois cada uma delas tem suas necessidades e especificidades, o que faz com que a cidade seja, de fato, única.

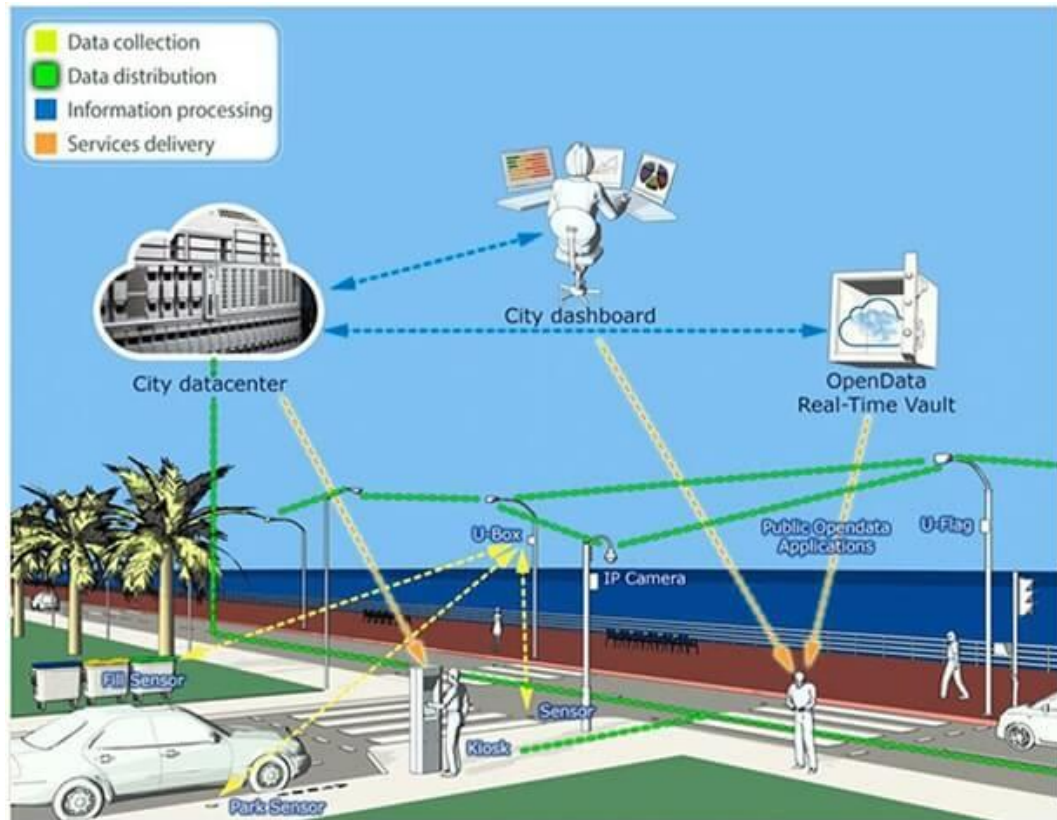
3.3.2 Aplicações de Cidades Inteligentes

Um dos exemplos de cidades inteligentes é Moscou que também é conhecida pelos seus gigantescos congestionamentos. Nos principais locais da cidade é praticamente impossível achar um local com estacionamento.

A capital da Rússia, com o auxílio de empresa de tecnologia inglesa, fez com que as pessoas conseguissem achar locais para estacionar os veículos antes mesmo de saírem de suas casas.

Já na cidade de Minsk, também localizada na Rússia, está fase de teste um projeto piloto encabeçado pela empresa Telensa, que desenvolveu um aplicativo que fala ao motorista quando e onde existem estacionamentos disponíveis, possibilitando assim que o motorista não fique procurando vagas (SEBRAE, 2019).

Figura 11 – Cidade Inteligente.



Fonte: O FUTURO DAS COISAS (2019).

Com a automatização do parque de IP, é possível substituir as verificações em campo, fazendo com que não seja necessário uma pessoa para fazer o levantamento e inspeção da iluminação. Devido à eficiência do sistema automatizado, consegue-se uma maior agilidade na detecção dos pontos de iluminação, se estão acesos no período diurno e apagados e/ou queimados no período noturno. Também abre-se a possibilidade de redução de custos, principalmente operacionais, executando um monitoramento de normalidade e ainda baixando consideravelmente o consumo de energia elétrica no parque de IP (ABDI, 2019).

Ainda de acordo com a Abdi (2019), este modelo de sistema cria a possibilidade de projetar e programar a médio e longo prazo, fazendo com que possam ser instalados outros tipos de automações para diversos tipos de serviço, como: semáforos, sinalizações, câmeras de monitoramento etc. Desta forma, fica caracterizado o princípio de cidade inteligente, interligando os diversos tipos de serviços ao controle do município, gerando uma maior otimização de tempo e recursos, facilitando as operações e intervenções de cada uma das atividades.

A utilização de luminárias LED para a efficientização da IP, numa primeira impressão, pode parecer negativa, devido ao custo um pouco mais alto do que as luminárias de lâmpadas de descarga; porém, se formos analisar e comparar os dois tipos de luminárias, vamos verificar que as duas luminárias tem quase o mesmo fluxo luminoso, sendo que o consumo de energia das luminárias LED é muito mais baixo que das luminárias com lâmpadas de descarga.

Smart City ou cidade inteligente é um conceito relativamente novo mas que está sendo levado a sério nos últimos cinco anos por vários governos e países pelo mundo. As cidades inteligentes são aquelas com políticas ativas que utilizam a tecnologia para melhorar a infraestrutura urbana e tornar os centros urbanos mais eficientes. As medidas envolvem serviços diretos à população, segurança pública, sustentabilidade, transporte e soluções integradas de governança, educação, planejamento e transparência (CONSTRUCT, 2018).

3.3.3 Plataforma de entrada para cidades inteligentes

De acordo com Fagundes (2019), existem, basicamente, duas estratégias das prefeituras para operar o serviço de IP: criar um departamento próprio ou estabelecer uma PPP. Algumas prefeituras estão criando consórcios públicos para operar o serviço em conjunto. As licitações para a formação das PPPs preveem a substituição das lâmpadas tradicionais por iluminação LED, de forma gradativa. Porém as prefeituras estão deixando escapar a oportunidade de iniciar um projeto mais abrangente visando a possibilidade de transformar o município em uma cidade inteligente, devido a estar dando maior ênfase a implantação dos serviços de IP.

Como os postes de IP estão presentes na maioria das concentrações habitacionais e comerciais, sendo os mesmos altos e possuindo energia, se tornariam postes inteligentes o que poderia proporcionar muito mais serviços para a população, dentro do conceito de cidades inteligentes. Com um projeto integrado de cidade inteligente é possível a redução da emissão de gases do efeito estufa, aumentando também a eficiência energética do município.

4 ESTUDO DE CASO

4.1 Cidade de Joinville

As prefeituras costumam efetuar a contratação de uma empresa ou um consórcio entre empresas especializadas em IP para a gestão e controle de materiais e equipamentos utilizados na manutenção e obras de ampliação (LUME ARQUITETURA, 2018).

Através da análise da eficiência e dos custos dos sistemas de iluminação com luminárias equipadas com lâmpadas de descarga em alta pressão e com LED, foi realizado o estudo de caso, na cidade de Joinville, representada pelo cartão postal da cidade, conforme a Figura 12.

Figura 12 – Moinho - Cartão Postal da cidade de Joinville.



Fonte: SQE LUZ (2019).

Considerada a maior cidade de Santa Catarina, Joinville tem grande destaque na área do turismo. No fim de 2003, a Prefeitura de Joinville fechou um contrato com um consórcio de IP para fazer a gestão dos serviços de IP do

município. O consórcio SQE – Sadenco / Quantum / Enerconsult foi o responsável pela implantação da gestão integrada, que veio para substituir o antigo modelo utilizado na cidade, que tinha como responsável pelos serviços de manutenção e operação da IP a concessionária local, que dava ênfase principalmente a iluminação viária (LUME ARQUITETURA, 2018).

4.2 Gestão integrada

De acordo com a Lume Arquitetura (2018), a gestão integrada com o controle e supervisão da IP pelo consórcio contratado visa principalmente a redução dos custos de manutenção e operação, a fim de satisfazer as necessidades da população, priorizando a segurança das pessoas e melhorando o tráfego de veículos. Além disso, a iluminação decorativa confere destaque às pontes, praças, monumentos históricos, entre outros equipamentos, dando uma grande visibilidade a espaços públicos importantes e que são utilizados para eventos e exposições públicas.

Na execução dos serviços de controle e gestão, o consórcio contratado utiliza o sistema GIP (Gestão Integrada de IP), desenvolvido pela empresa Enerconsult, atual Arcadis. Essa ferramenta é constituída por alguns tipos de módulos que são integrados para o gerenciamento de cadastro, controle de materiais, tele atendimento da população, planejamento e manutenção da rede, melhorando, com isso, o tempo de resposta em casos de falhas e diminuindo a quantidade de reclamações. (LUME ARQUITETURA, 2018).

O sistema GIP pode ser usado para consultas, avaliação dos serviços realizados, gerar relatórios, instruções sobre a realização de serviços de manutenção, ampliação e modernização da iluminação. Com a implantação deste modelo de gestão, é feito um levantamento dos pontos existentes e, com isso, é realizada a atualização do cadastro do parque de iluminação, novos padrões de equipamentos e materiais são criados, é dada a destinação correta dos materiais nocivos retirados da rede, com a melhoria e diminuição do tempo de resposta para os serviços de manutenção, excelência na eficiência energética nos serviços de modernização e ampliação da iluminação de praças, ruas e avenidas, como se observa na Rua do Príncipe na Figura 13.

Figura 13 – Rua do Príncipe com luminária LED.



Fonte: SQE LUZ (2019).

Segundo a Lume Arquitetura (2018), a atuação do Consórcio SQE na cidade de Joinville trouxe uma redução em torno de 50% no número de reclamações. A satisfação da prestação dos serviços é de 98,3%, conforme pesquisa realizada com a população. Em torno de 73% das reclamações feitas são atendidas em até 24 horas e 97% delas são atendidas em até 72 horas, o restante do percentual destas reclamações são atendidas com um período superior às 72 horas, pois estão dentro das chamadas áreas críticas, que dependem de diversos fatores, bem com a autorização dos órgãos de transito, ou autorização da distribuidora de energia elétrica, sendo assim necessitam de uma programação especial para este tipo de atendimento. Convém salientar a destinação controlada das mais de 6.000 lâmpadas queimadas, retiradas do parque de iluminação, postura que revela zelo pela preservação do meio ambiente.

Dentre os serviços executados, destaca-se a substituição dos pontos de IP com lâmpadas vapor mercúrio (VM), por luminárias mais modernas e eficientes equipadas com lâmpadas vapor de sódio (VS). Com o novo modelo de gestão existe uma maior flexibilidade na operação e o desenvolvimento do sistema de IP, os

serviços de manutenção são executados de forma mais planejada, diminuindo os desperdícios e dando uma melhor resposta à população, de acordo com os engenheiros Pedro Santos e Gilberto Vieira Filho, das empresas Sadenco e Quantum, respectivamente. Este modelo ainda proporciona à cidade de Joinville uma IP de qualidade e adequada, pretendendo em médio prazo oferecer atividades noturnas para a população, desenvolvendo a economia e o turismo do município, priorizando um atendimento especial a população e com uma IP de qualidade (LUME ARQUITETURA, 2018).

A substituição das luminárias existentes por luminárias LED gera uma redução do consumo de energia, bem como uma maior durabilidade do equipamento. Este tipo de dispositivo, além de melhorar a qualidade de iluminação, passa a ser um grande aliado no tocante à segurança da população.

Algumas vantagens na utilização deste tipo de luminária, em comparação com as luminárias equipadas com lâmpadas de descarga são:

- ✓ Boa durabilidade;
- ✓ Excelente rendimento;
- ✓ Baixa depreciação;
- ✓ Uniformidade considerável
- ✓ Eficiência energética muito melhor.

A partir de 2016 a nova IP com a utilização de luminárias LED, proporcionou uma economia aproximada de R\$ 800.000,00 no período de um ano. A iluminação foi realizada em ruas localizadas na região central e bairros próximos ao centro da cidade. Neste projeto de modernização de IP foram instaladas aproximadamente 3.400 luminárias, reduzindo significativamente o consumo de energia elétrica e aumentando de forma considerada a durabilidade da iluminação, chegando a mais de 10.000 pontos nos anos de 2017 e 2018 (LUME ARQUITETURA, 2018).

Abaixo seguem os locais e quantidades de luminárias LED instaladas. Na Figura 14, Figura 15 e Figura 16, é possível verificar algumas destas instalações:

- ✓ Centro – 1.018;

- ✓ América – 1.010;
- ✓ Anita Garibaldi – 317;
- ✓ Glória – 312;
- ✓ Bucarein – 208;
- ✓ Atiradores – 177;
- ✓ Floresta – 126;
- ✓ Saguçu – 56;
- ✓ Santo Antônio – 47;
- ✓ Costa e Silva – 35;
- ✓ Boa Vista – 06;
- ✓ Total – 3.392;

Figura 14 – Bairro Glória com LED.



Fonte: CLICK GLORIA (2017).

Figura 15 – Praça Tiradentes, no bairro Floresta com LED.



Fonte: SQE LUZ / Divulgação (2017).

Figura 16 – Rua Prefeito Baltazar Buschle, bairro Comasa com LED.



Fonte: SQE LUZ / Divulgação (2018).

A cobrança da Cosip (Contribuição para Custeio da IP), no ano de 2018, gerou um total de arrecadação para o município o valor de R\$ 52, 3 milhões, sendo que deste valor, R\$ 30,4 milhões foram investidos em serviços de ampliação e modernização do sistema de IP, aproximadamente 57,41% na melhoria do sistema. O restante do valor arrecadado foi dividido entre gastos com energia e taxa para a concessionária de energia elétrica local, no montante de R\$ 20,3 milhões, além do valor consumido pela manutenção do sistema (PREFEITURA DE JOINVILLE, 2019).

Com os R\$ 30,4 milhões de investimento, a quantidade de luminárias LED implantadas foi de 14.989 no parque, o que ensejou a possibilidade da instalação de aproximadamente 5.569 pontos de IP. Os estudos realizados fizeram uma projeção que em oito anos, aproximadamente, o sistema que atualmente dispõe de 56.894 pontos, sofra um acréscimo significativo e, com as modificações necessárias, passe a ter 65.500 unidades já com a nova tecnologia LED implantada (PREFEITURA DE JOINVILLE, 2019).

Ainda de acordo com a Prefeitura Municipal de Joinville (2019), as luminárias LED servem como base de conexão ao programa internacional de efficientização e inteligência das cidades, no qual o Programa Join.Valle da cidade de Joinville tem grande destaque. Nesse quesito, a estimativa é de que com a implantação das luminárias LED em todo o parque de iluminação o consumo de energia elétrica (kWh) tenha uma redução de até 45%.

A principal escolha para iluminação, seja residencial ou pública, tem sido de produtos com tecnologia LED. Isso se justifica pela economia no consumo de energia, maior qualidade da iluminação e durabilidade. Nesses casos, o consumo pode ser reduzido em até 80%, já a vida útil maior, de até 100 mil horas, permite que o gasto em manutenção seja diminuído (SQELUZ, 2019).

Conforme o Sqe Luz (2019), representado pelo Engenheiro Eletricista Pedro Alberto de Miranda Santos em seu artigo “Luz nas Ruas”, desde 2014, com a nova resolução da ANEEL o controle e gestão da IP, passou das concessionárias de energia elétricas locais para os municípios, as prefeituras passaram a procurar uma alternativa, contratando empresas especializadas para a realização destes tipos de serviço. Somente no estado de Santa Catarina, o consórcio SQE LUZ passou a fazer o controle e a gestão da IP dos municípios de Florianópolis, Palhoça, São José, Blumenau e Joinville, executando a instalação de aproximadamente 30 mil luminárias de alto rendimento no ano de 2016.

Com foco na segurança da população, considerando-se também a melhoria da IP e diminuição no consumo de energia elétrica, uma das principais tendências em todo o mundo é a substituição de luminárias equipadas com lâmpadas de descarga por luminárias LED, sendo esta tecnologia muito mais eficiente e trazendo inúmeros benefícios ao controle e gestão para as empresas responsáveis pelos parques de iluminação.

Conforme a Adjori SC (2019), no artigo Iluminação inteligente, escrito pelo presidente da Quantum Engenharia, Gilberto Vieira Filho, mostra que um estudo realizado pela ONG (Organização Não Governamental) Internacional *The Climate Group* verificou os benefícios referentes aos investimentos em projetos com tecnologias LED em sistemas de IP. De acordo com as pesquisas realizadas em 12 cidades, constatou-se uma economia energética de 70%, sendo que este percentual pode chegar até a 80% quando há a inclusão de um sistema de controle e gestão inteligente.

Além de representar economia de recursos, esses números revelam também um futuro positivo para o meio ambiente, pois todas as lâmpadas de descarga usam mercúrio na produção, em menor ou maior escala, diferente do LED, que é, dessa maneira, menos agressivo à natureza (ADJORI SC, 2019)

A tecnologia LED tem ficado mais atraente devido a diminuição dos custos para aquisição dos equipamentos, como também pela necessidade de economia haja vista o aumento com os gastos de energia elétrica. Assim, percebe-se a tendência de buscar um acréscimo de investimentos com a utilização de tal tecnologia. A telegestão visa deixar o processo mais inteligente e econômico, com ganhos muito maiores para o sistema de IP.

4.3 Investimentos em modernização

Para demonstrar a eficácia da modernização com a utilização das luminárias LED em relação às luminárias com lâmpadas de descarga foram elaboradas tabelas que irão detalhar as informações atualizadas do parque de iluminação da cidade de Joinville. A base de cálculo para o custo com consumo de energia elétrica é referente à tarifa de IP B4a é de R\$ 0,2862600/kWh. Nessa análise, foram desconsideradas as bandeiras tarifárias devido às suas sazonalidades. Com base nos dados atualizados do parque, fornecidos pelo

Consórcio SQE LUZ que é o responsável pela gestão da IP da cidade de Joinville dos pontos que já foram substituídos, chegando a instalação de mais de 16 mil pontos com luminárias com a tecnologia LED, espalhados em diversos logradouros, este investimento gerou ao município uma economia de aproximadamente R\$ 2,3 milhões, que poderão ser investidos na modernização e melhorias em todo o sistema de IP do município, proporcionando mais conforto e segurança à população.

Para os cálculos apresentados, foram considerados com os valores de consumo de energia elétrica no período de um ano, bem como, as informações referentes ao documento de adequação do art. 24 da REN 414/2010, que define um tempo geral de 11 horas e 52 minutos, calculado a partir de informações provenientes do anuário do ON (Observatório Nacional), instituto de pesquisa vinculado ao Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC), considerando a média anual de horas diárias entre o nascer e o pôr do sol de quatro capitais (Macapá, Porto Alegre, Recife e Boa Vista). O art. 24 prevê ainda em seu parágrafo único a possibilidade de realização de estudos para determinação de um tempo de específico para cada município, visando reconhecer as características locais em termos de necessidade de maior ou menor tempo de utilização da iluminação artificial noturna (ANEEL, 2018).

A Tabela 1, demonstra como a durabilidade das luminárias de LED's é bem superior se comparada a das luminárias equipadas com lâmpadas de descarga. De todos os tipos de lâmpadas, a que mais se aproxima do LED em suas características são as lâmpadas multivapor metálico (MVM). De fato, tanto a eficiência luminosa quanto os índices de reprodução entre elas são bem semelhantes; a grande diferença ocorre em sua vida útil que é aproximadamente cinco vezes maior em favor das luminárias de LED's, ou seja, no quesito manutenção, a cada cinco trocas de lâmpadas multivapor metálico (MVM) apenas uma luminária de LED seria substituída, o que diminui os gastos com esse tipo de serviço. Como a variação da vida útil fica em torno de uns 40% dependendo do tipo de LED a ser aplicado, a economia com os serviços de manutenção pode ser ainda mais elevada.

Tabela 1 – Comparativo da eficiência luminosa entre os tipos de lâmpadas

Comparativo			
Tipo de Lâmpada	Eficiência luminosa (lumens/watt)	Índice de Reprodução de cor (IRC)	Vida Útil da Lâmpada (horas)
Vapor de Sódio	50-150	24	15.000-24.000

Multivapor Metálico	70-130	96	8.000-12.000
Vapor de Mercúrio	35-65	17	10.000-15.000
LED	70-160	70-90+	40.000-90.000

Fonte: Abdib (2019).

O consumo e o custo de energia elétrica do parque de IP de Joinville é verificado na Tabela 2, através da utilização de luminárias equipadas com lâmpadas de descarga. O cálculo do consumo de energia elétrica é realizado da seguinte forma: potência total (kW) x quantidade de luminárias x quantidade de horas x quantidade de dias (ano). Desta forma, é possível verificar que o consumo de energia ultrapassou os 19 milhões de kWh/ano, a um custo de mais de R\$ 5,67 milhões para os cofres do município.

Tabela 2 – Luminárias equipadas com lâmpadas de descarga

Potência (W)	Perda Reator (W)	Potência Total (W)	Quantidade	Consumo E.E. (kWh/Ano)	Custo E.E ano (R\$)
70	14	84	63	22.921	R\$ 6.561,49
70	14	84	2.547	926.680	R\$ 265.271,52
70	14	84	167	60.760	R\$ 17.393,15
70	14	84	127	46.207	R\$ 13.227,12
70	14	84	113	41.113	R\$ 11.769,02
70	14	84	45	16.372	R\$ 4.686,78
70	14	84	13	4.730	R\$ 1.353,96
70	14	84	3	1.091	R\$ 312,45
100	17	117	126	63.853	R\$ 18.278,43
100	17	117	137	69.427	R\$ 19.874,16
100	17	117	62	31.420	R\$ 8.994,15
100	17	117	3	1.520	R\$ 435,20
100	17	117	190	96.286	R\$ 27.562,71
100	17	117	20	10.135	R\$ 2.901,34
150	22	172	7	5.215	R\$ 1.492,82
150	22	172	286	213.067	R\$ 60.992,56
150	22	172	117	87.164	R\$ 24.951,50
150	22	172	79	58.854	R\$ 16.847,60
150	22	172	38	28.310	R\$ 8.103,91
150	22	172	88	65.559	R\$ 18.766,94
250	30	280	2	2.426	R\$ 694,34
250	30	280	86	104.299	R\$ 29.856,50
250	30	280	10	12.128	R\$ 3.471,69
250	30	280	1.252	1.518.393	R\$ 434.655,08
250	30	280	580	703.409	R\$ 201.357,78
250	30	280	400	485.109	R\$ 138.867,44
250	30	280	685	830.750	R\$ 237.810,49
250	30	280	1.871	2.269.100	R\$ 649.552,44

250	30	280	554	671.877	R\$ 192.331,40
250	30	280	86	104.299	R\$ 29.856,50
250	30	280	904	1.096.347	R\$ 313.840,41
250	30	280	226	274.087	R\$ 78.460,10
250	30	280	55	66.703	R\$ 19.094,27
250	30	280	37	44.873	R\$ 12.845,24
400	38	438	51	96.753	R\$ 27.696,61
400	38	438	305	578.623	R\$ 165.636,61
400	38	438	87	165.050	R\$ 47.247,17
400	38	438	1.408	2.671.151	R\$ 764.643,78
400	38	438	346	656.405	R\$ 187.902,52
400	38	438	2.199	4.171.777	R\$ 1.194.212,84
400	38	438	726	1.377.312	R\$ 394.269,45
400	38	438	36	68.296	R\$ 19.550,55
TOTAL			16.137	19.819.849	R\$ 5.673.630,02

Fonte: Autor.

De acordo com a Tabela 3, a partir da instalação das luminárias de LED's ocorreu uma diminuição considerável do consumo de energia elétrica, chegando a 9,26 milhões de kWh/ano, num valor de R\$ 2,65 milhões referentes ao gasto com a energia elétrica para o município. Tal redução tanto no consumo quanto no custo foi proporcionada principalmente devido à grande eficiência da tecnologia LED, em comparação as luminárias existentes no parque anteriormente.

Tabela 3 – Luminárias LED

Potência (W)	Quantidade	Consumo E.E. (kWh/Ano)	Custo E.E ano (R\$)
57	63	15.554	R\$ 4.452,44
67	2.547	739.138	R\$ 211.585,62
114	167	82.460	R\$ 23.604,98
120	127	66.010	R\$ 18.895,89
127	113	62.159	R\$ 17.793,63
130	45	25.338	R\$ 7.253,34
133	13	7.489	R\$ 2.143,77
146	3	1.897	R\$ 543,07
67	126	36.565	R\$ 10.467,13
114	137	67.647	R\$ 19.364,57
120	62	32.225	R\$ 9.224,77
127	3	1.650	R\$ 472,40
133	190	109.453	R\$ 31.331,97
150	20	12.994	R\$ 3.719,66
57	7	1.728	R\$ 494,72

67	286	82.997	R\$ 23.758,73
114	117	57.771	R\$ 16.537,62
120	79	41.061	R\$ 11.754,14
133	38	21.891	R\$ 6.266,39
146	88	55.649	R\$ 15.930,08
57	2	494	R\$ 141,35
67	86	24.957	R\$ 7.144,23
69	10	2.989	R\$ 855,52
114	1.252	618.203	R\$ 176.966,71
120	580	301.461	R\$ 86.296,19
127	400	220.032	R\$ 62.986,30
130	685	385.705	R\$ 110.412,01
133	1.871	1.077.822	R\$ 308.537,41
146	554	350.336	R\$ 100.287,09
150	86	55.874	R\$ 15.994,55
160	904	626.484	R\$ 179.337,38
171	226	167.389	R\$ 47.916,71
180	55	42.880	R\$ 12.274,89
188	37	30.129	R\$ 8.624,66
130	51	28.717	R\$ 8.220,46
133	305	175.701	R\$ 50.296,05
146	87	55.017	R\$ 15.749,06
160	1.408	975.763	R\$ 279.321,93
171	346	256.268	R\$ 73.359,20
180	2.199	1.714.429	R\$ 490.772,40
188	726	591.175	R\$ 169.229,81
236	36	36.799	R\$ 10.534,09
TOTAL	16.137	9.260.298	R\$ 2.650.852,90

Fonte: Autor.

A fim de propiciar uma melhor visualização em relação aos benefícios gerados para o sistema de IP da cidade de Joinville, a Tabela 4 ilustra de forma clara e sucinta a economia proporcionada pela modernização, que chegou aos 53% quando da implantação das luminárias LED, com valores muito expressivos, no que se refere à economia do consumo de energia elétrica, chegando ao valor de 10,55 milhões de kWh/Ano. Esta nova realidade acabou se refletindo, de forma muito positiva, na diminuição dos gastos com o sistema de IP, revelando uma importante economia no montante de R\$ 2,33 milhões para a administração pública que, dessa forma, teve a possibilidade de reverter o valor economizado em melhorias na iluminação para os munícipes nas áreas mais necessitadas.

Tabela 4 – Comparativo entre luminárias com lâmpadas de descarga e luminárias LED

Comparativo			
Luminária	Quantidade	Consumo E.E. (kWh/Ano)	Custo E.E ano (R\$)
Lâmpadas de descarga	16.137	19.819.849	R\$ 5.673.630,02
LED	16.137	9.260.298	R\$ 2.650.852,90
Economia		10.559.551	R\$ 3.022.777,12
Economia em percentual (%)		53%	

Fonte: Autor.

Apesar da dimerização ainda não estar definida pela NORMA 5101/2012 de IP e considerando-se o fato da Resolução Normativa nº 414, art. 26 da ANEEL estar sendo revisada com relação à medição do consumo de energia elétrica pela IP que, dessa forma, é apenas estimado, portanto que caso sejam elaboradas e aprovadas tais alterações, teria uma maior economia do consumo de energia elétrica e dos gastos referentes a estes recursos.

Como os custos para aquisição de luminárias LED, bem como da telegestão, vem sofrendo reduções é notável que ainda sejam investidos muitos recursos na modernização do parque de IP da cidade de Joinville, o que apresenta uma grande tendência que a aplicação desta tecnologia com a substituição em praticamente 100% dos pontos de iluminação existentes, devido a sua grande eficiência e economia consideráveis.

Portanto, em menos de seis anos o município terá o retorno do investimento feito na aquisição dos mais de 16 mil pontos de IP e na execução dos serviços para a substituição das luminárias existentes por luminárias LED, conforme demonstrado na Tabela 5.

Tabela 5 – Tempo de retorno do investimento

Retorno do Investimento	
Investimento (Material e mão de obra)	R\$ 16.090.405,79
Economia (Após a instalação das luminárias LED)	R\$ 3.022.777,12
Tempo de retorno (Anos)	5,3

Fonte: Autor.

5 CONCLUSÃO

O estudo apresentado a respeito da aplicação de luminárias com tecnologia LED em substituição às luminárias existentes equipadas com lâmpadas de descarga, possibilitou a verificação de uma forma simples e clara, principalmente aos gestores responsáveis pelo parque de IP da cidade de Joinville, que por meio da utilização deste novo tipo de tecnologia, confirmou a melhoria da eficiência energética do sistema.

Foram abordados alguns dos principais benefícios que a aplicação das luminárias LED traz ao sistema, como a possibilidade de poder gerenciar os pontos de iluminação de forma remota, melhorando consideravelmente o índice de falhas, bem como facilitando a programação e a execução das intervenções em campo pelas equipes de manutenção, de forma muito mais rápida e eficiente. Com implantação do sistema de telegestão é possível verificar as diversas melhorias que são aplicadas, desde a visualização e resolução com respostas mais rápidas e eficientes dos problemas que acontecem diariamente no sistema de IP. Ressalta-se também a modernização e o tratamento dos dados coletados nos pontos onde o sistema foi implantado, possibilitando ao gestor, traçar projeções futuras em relação aos equipamentos instalados e os serviços de manutenção.

Com a associação da instalação das luminárias LED com o sistema de telegestão serve como porta de entrada para soluções inteligentes em favor dos municípios interessados neste tipo de transformação tecnológica, o que tende a melhorar a infraestrutura urbana e tornar os centros urbanos mais eficientes, alavancando os municípios à condição de cidades inteligentes.

Por fim, foi demonstrado pelas tabelas contendo as informações de consumo e custo da energia elétrica para o município antes e depois da implantação das luminárias LED, que a economia com o investimento feito chegou a mais de 50%, ou seja, mesmo ainda tendo um custo um pouco elevado para aquisição das luminárias com a tecnologia LED, o retorno é muito atraente se for analisada apenas a parte financeira do negócio. Nesta visão as PPP's aparecem como uma excelente alternativa para as cidades, com uma crescente tendência deste tipo de contrato, em praticamente todo o território nacional, devido à necessidade de altos investimentos iniciais.

REFERÊNCIAS

ABDI. **Cidades Inteligentes**. Disponível em:

<<https://cidadesinteligentes.abdi.com.br>.> Acesso em: 06 abr. 2019.

ABDIB. **Guia de Boas Práticas em PPPs de Iluminação Pública**. Disponível em:

<https://www.abdib.org.br/wp-content/uploads/2019/02/GuiaBoasPr%C3%A1ticas_PPPs_Iluminac%C3%A7%C3%A3o_Pu%C3%Blica.pdf.> Acesso em: 06 abr. 2019.

ABINEE – Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica. **Ambiente de Demonstração de Tecnologias para Cidades Inteligentes**. São Paulo, mar. 2018.
ABNT - NBR 5101: 2012. **IP**. Rio de Janeiro, 2012.

ADJORISC. **Iluminação Inteligente**. Disponível em:

<<http://www.adjorisc.com.br/jornais/otempo/geral/ilumina%C3%A7%C3%A3o-inteligente-1.1955360>.> Acesso em: 06 abr. 2019.

ANEEL. **Resolução nº 414/2010**. Estabelece as condições gerais de fornecimento de energia elétrica de forma atualizada e consolidada.

_____. **Iluminação Pública**. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/destaques-consumidor/-/asset_publisher/kM1X2uTBr6qH/content/iluminacao-publica/655804.> Acesso em: 27 out. 2018.

_____. **Adequação do art. 24 da Resolução Normativa nº 414/2010**. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/audiencias-publicas?p_p_id=audienciaspublicasvisualizacao_WAR_AudienciasConsultasPortletportlet&p_p_lifecycle=2&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_cacheability=cacheLevelPage&p_p_col_id=column-2&p_p_col_count=1&audienciaspublicasvisualizacao_WAR_AudienciasConsultasPortletportlet_documentId=42438&audienciaspublicasvisualizacao_WAR_AudienciasConsultasPortletportlet_tipoFaseReuniao=fase&audienciaspublicasvisualizacao_WAR_AudienciasConsultasPortletportlet_jspPage=%2Fhtml%2Faudiencias-publicas-visualizacao%2Fvisualizar.jsp.> Acesso em: 23 mar. 2019.

AVANTLUX. **Vapor de Mercúrio**. Disponível em:

<<http://avantlux.com.br/produto/vapor-de-mercuro/>.> Acesso em: 23 mar. 2019.

BARBOSA, Robson. **Iluminação Pública Eficiente**. Brasil: Eletrobrás/IBAM, 2004.
CANDURA, Paulo; GODOY, Plínio. **Iluminação Urbana. Conceitos e Análise de Casos**. São Paulo: VJ, 2009.

CASARIN, Ricardo. **Iluminação Pública: Renovação e mais Segurança**. Lumière Electric, São Paulo, ed. 167, mar. 2012.

CONSTRUCT. **Smart City: As 7 Cidades Mais Inteligentes do Mundo**. Disponível em: <<https://constructapp.io/pt/smart-city-cidades-mais-inteligentes/>> Acesso em: 27 out. 2018.

COPEL – Copel Distribuição. **Manual de Iluminação Pública**. Disponível em: <[https://www.copel.com/hpcopel/root/sitearquivos2.nsf/arquivos/manual_iluminacao_publica/\\$FILE/manual%20iluminacao%20publica.pdf](https://www.copel.com/hpcopel/root/sitearquivos2.nsf/arquivos/manual_iluminacao_publica/$FILE/manual%20iluminacao%20publica.pdf)> Acesso em: 23 mar. 2019.

DICIONÁRIO INFORMAL. **Dimerizar**. Disponível em: <<https://www.dicionarioinformal.com.br/dimerizar/>> Acesso em: 06 abr. 2019.

DPI - DIVISÃO DE PROCESSAMENTO DE IMAGENS. **Tutorial de Geoprocessamento**. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/tutorial/introducao_geo.html> Acesso em: 23 mar. 2019.

EMPALUX. **Descarga em Alta Pressão**. Disponível em: <<http://www.empalux.com.br/?a1=p&m=000036&c=000013>> Acesso em: 23 mar. 2019.

FAGUNDES, Eduardo. **Iluminação Pública a porta de entrada para uma cidade inteligente**. Disponível em: <<https://efagundes.com/artigos/iluminacao-publica-a-porta-de-entrada-para-uma-cidade-inteligente/>> acesso em: 23 mar. 2019.

GAZETA DO POVO. **Cidades Inteligentes**. Disponível em: <<https://www.gazetadopovo.com.br/blogs/cidades-inteligentes/iluminacao-publica/>> Acesso em: 23 mar. 2019.

GTA. **Redes de Sensores sem Fio**. Disponível em: <<https://www.gta.ufri.br/ensino/eel878/redes1-2018-1/trabalhos-vf/rssf/>> Acesso em: 23 mar. 2019.

INTRAL. **Relé Fotoeletrônico Sentinela**. Disponível em: <<https://www.intral.com.br/es/produtos/acessorios/componentes/rele-fotoeletronico-sentinela>> Acesso em: 23 mar. 2019.

JORNAL RETRO. **Faça-se a luz**. Disponível em: <<http://www.jornalretro.com/edicoes/31/historia-ao-vivo.html>> Acesso em: 10 nov. 2018.

LEÃO, Marcus Vinícius Silva. **Eficientização do sistema de Iluminação Pública: estudo de caso da avenida Luiz Viana Filho**. [Monografia], Curso de Engenharia Elétrica, Faculdade de Ciência e Tecnologia ÁREA 1, Salvador – BA, 2014, 69p.

LG CNS. **Smart Green City: Creating a Future City, as We Imagined**. Disponível em: <<http://www.lgcnsblog.com/features/smart-green-city-creating-a-future-city-as-we-imagined/#sthash.deyE5vxO.dpbs>> Acesso em: 23 mar. 2019.

LUME ARQUITETURA. **IP em Joinville**. Disponível em:
<<http://www.lumearquitetura.com.br/lume/default.aspx?c=2051>.> Acesso em: 15 nov. 2018.

_____. **LED na Iluminação Pública**. Disponível em:
<https://www.lumearquitetura.com.br/lume/Upload/file/pdf/ed63/Es%20-%20Ilumina%C3%83%C2%A7%C3%83%C2%A3o%20P%C3%83%C2%BAblica_ed63.pdf.> Acesso em: 13 abr. 2019.

NASCIMENTO, Alan. **Análise do uso da tecnologia LED na Iluminação Pública: estudo das perspectivas de aplicação na cidade de São Paulo**. 2012. 206 f. Dissertação (Mestrado em Energia) – Universidade Federal do ABC, Santo André, 2012.

NEVES, Enio. **Cidades inteligentes e a telegestão da Iluminação Pública**. Lumière Electric, São Paulo, ed. 172, ago. 2012.

NOGUEIRA, Fernando José. **Avaliação experimental de luminárias empregando LEDs orientadas à Iluminação Pública**. [Dissertação de Mestrado em Engenharia Elétrica], Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora – MG, 2013, 193p.

NSCTOTAL. **Prefeitura de Joinville Investe R\$ 30 Milhões na Ampliação do Sistema de Iluminação**. Disponível em:
<<https://www.nsctotal.com.br/colunistas/loetz/prefeitura-de-joinville-investe-r-30-milhoes-na-ampliacao-do-sistema-de-iluminacao>.> Acesso em: 06 abr. 2019.

O FUTURO DAS COISAS. **Uma IP Inteligente e que Gera Receita para a Cidade**. Disponível em: <<https://ofuturodascoisas.com/uma-iluminacao-publica-inteligente-e-que-gera-receita-para-cidade/>.> Acesso em: 23 mar. 2019.

PREFEITURA DE JOINVILLE. **Joinville Investe R\$ 30 milhões em Modernização e Ampliação da Iluminação Pública em 2018**. Disponível em:
<<https://www.joinville.sc.gov.br/noticias/joinville-investe-r-30-milhoes-em-modernizacao-e-ampliacao-da-iluminacao-publica-em-2018/>.> Acesso em: 06 abr. 2019.

PHILIPS. **Catálogo de Produtos - Luminárias Outdoor**. Disponível em:
<<http://www.lighting.philips.com.br/prof/luminarias-outdoor/road-and-urban-lighting/road-and-urban-luminaires/roadflair>.> Acesso em: 15 nov. 2018.

PROCEL - **PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA**. Web-site. Disponível em: Acesso em: 10 set. 2018.

REEME. **Luminárias e Acessórios**. Disponível em:
<<http://www.reeme.com.br/categoria/luminarias-e-acessorios/iluminacao-publica/>.> Acesso em: 23 mar. 2019.

RODRIGUES, C. R. B. S. **Contribuições ao Uso de Diodos Emissores de Luz em Iluminação Pública**. [Tese de Doutorado], Universidade Federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora, 2012.

SALES, R.P. **LED, o Novo Paradigma da Iluminação Pública**. [Dissertação de Mestrado], Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento. Curitiba, 2011.

SEBRAE. **Cidades Inteligentes: O que são?**. Disponível em: <<http://inovacaoebraeminas.com.br/cidades-inteligentes-o-que-sao/>> Acesso em: 06 abr. 2019.

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

SMARTGREEN. **Documento interno**. Curitiba, 2018.

SQE LUZ. **Luz nas Ruas**. Disponível em: <<http://sqeluz.com.br/artigo-luz-nas-ruas/>> Acesso em: 06 abr. 2019.

_____. **IP com LED - Joinville**. Disponível em: <<http://sqeluz.com.br/portfolio-itens/iluminacao-publica-com-led-joinville/>> Acesso em: 06 abr. 2019.