



UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENERGIA E AMBIENTE
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENERGIA E AMBIENTE



**GESTÃO DA QUALIDADE APLICADA A IMPLANTAÇÃO DE
TECNOLOGIA LED NA ILUMINAÇÃO PÚBLICA**

ANDRÉ LUIS COSTA CARNEIRO

São Luís – MA

2018

ANDRÉ LUIS COSTA CARNEIRO

**GESTÃO DA QUALIDADE APLICADA A IMPLANTAÇÃO DE
TECNOLOGIA LED NA ILUMINAÇÃO PÚBLICA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Energia e Ambiente da Universidade Federal do Maranhão como requisito parcial à obtenção do título de Mestre Profissional em Energia e Ambiente.

Orientador: Prof. Dr. Shigeaki Leite de Lima

São Luís – MA

2018

Costa Carneiro, André Luis.

GESTÃO DA QUALIDADE APLICADA A IMPLANTAÇÃO DE
TECNOLOGIA LED NA ILUMINAÇÃO PÚBLICA/ André Luis Costa
Carneiro. - 2018.

66 f.

Orientador(a): Shigeaki Leite de Lima.

Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação
em Energia e Ambiente/ccet, Universidade Federal do
Maranhão, São Luís - MA, 2018.

1. Eficiência Energética. 2. Iluminação Pública. 3.
Metodologia de Gestão. 4. Tecnologia LED. I. Leite de
Lima, Shigeaki. II. Título.

ANDRÉ LUIS COSTA CARNEIRO

**GESTÃO DA QUALIDADE APLICADA A IMPLANTAÇÃO DE
TECNOLOGIA LED NA ILUMINAÇÃO PÚBLICA**

Aprovado em: ____/____/____

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Shigeaki Leite de Lima (Orientador)

Universidade Federal do Maranhão - UFMA

Prof. Dr. Sérgio Sampaio Cutrim (Membro interno)

Universidade Federal do Maranhão - UFMA

Prof. Dr. Mauro Sergio Silva Pinto (Membro externo)

Universidade Estadual do Maranhão - UEMA

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a minha esposa Marcelle e meu filho Pedro que são a fonte de toda a minha inspiração e da minha força de vontade para continuar trabalhando e me capacitando de modo a garantir melhor qualidade de vida para ambos.

Agradeço também aos meus pais Lucineide, Paulo e Rita que sempre acreditaram e continuam acreditando no meu potencial, me incentivando a estudar e continuar dando o melhor de mim.

Agradeço ao meu orientador Prof^o Dr. Shigeaki Leite de Lima, que carinhosamente chamo de “Shige”, por quem eu tenho enorme admiração e respeito. Obrigado pela paciência e por todas as conversas motivadoras e com bastante conhecimento desde a época da graduação. Obrigado também por ter aceitado ser meu orientador nesta nova etapa do conhecimento.

Não posso esquecer o meu segundo filho, meu cachorro Dog, que sempre me acompanha nas madrugadas de estudo e trabalho, permanecendo acordado enquanto também estou. Você de fato, é o melhor amigo do homem...

*“The only place success comes before work
is in the dictionary”*

Vince Lombardi (1913-1970)

RESUMO

A eficiência energética é um dos temas mais abordados atualmente quando se fala sobre sustentabilidade. A população mundial cresceu rapidamente nos últimos anos e consequentemente o consumo de energia. Logo, o uso de tecnologias mais eficientes surge com o intuito de diminuir a demanda energética mundial e evitar a construção de novas usinas, reduzindo o consumo de recursos naturais e da poluição. Em relação a aplicação de eficiência energética na iluminação pública (IP) foco deste trabalho, o uso da tecnologia *Light Emitting Diode* (LED) está mais presente na atualidade, como forma de reduzir o consumo de energia elétrica das cidades e aumentar a qualidade de vida da população, no que tange aos aspectos da iluminação. Entretanto, por se tratar de uma nova tecnologia, ainda não amadurecida para aplicações em áreas externas e sujeitas as intempéries, vários problemas ainda precisam ser estudados e solucionados. Neste trabalho é proposto uma metodologia para gestão da operação e manutenção da IP, com casos reais ocorridos em cidades brasileiras e um estudo de caso real ocorrido na implantação de tecnologia LED na iluminação pública da cidade de São José de Ribamar – MA.

Palavras-chave: Eficiência Energética; Iluminação Pública; Tecnologia LED; Metodologia de Gestão.

ABSTRACT

Energy efficiency is one of the most discussed topics when talking about sustainability. The world population has grown rapidly in recent years and consequently energy consumption. Therefore, the use of more efficient technologies arises in order to reduce global energy demand and avoid the construction of new plants, reducing the consumption of natural resources and pollution. Regarding the application of energy efficiency in public lighting (PL), the focus of this work, the use of Light Emitting Diode (LED) technology is more present today, as a way to reduce the consumption of electric energy in cities and increase the life quality of the population, with regard to aspects of illumination. However, because it is a new technology, not yet matured for applications in external areas and subject to inclement weather, several problems still need to be studied and solved. This work proposes a methodology for managing the operation and maintenance of PL, with real cases occurring in Brazilian cities and a real case study in the implementation of LED technology in public lighting in the city of São José de Ribamar - MA.

Keywords: Energy Efficiency; Public Lighting; LED Technology; Management Methodology.

Lista de Ilustrações

Figura 1.1 – Selo PROCEL de economia de energia.....	3
Figura 1.2 – Contraste entre a iluminação LED e convencional em torno da Lagoa da Jansen (São Luís – MA).....	5
Figura 2.1 – O acendedor de lampiões.....	8
Figura 2.2 – Iluminação Pública na avenida Rio Branco no início do século XX.....	11
Figura 2.3 – Iluminação no Planeta	14
Figura 2.4 – Escala de temperaturas de cor.....	14
Figura 2.5 – Iluminação pública convencional com lâmpada de vapor de sódio.....	15
Figura 2.6 – Topologia em malha para telegestão de luminárias LED	18
Figura 3.1 – Teste em bancada de fuga de corrente em carcaça de luminária LED	26
Figura 5.1 – Luminária LED Philips BRP utilizada em SJR.....	30
Figura 5.2 – Mapa de processos da manutenção.....	33
Figura 5.3 – Mapa de processos da modernização.....	34
Figura 5.4 – Luminária aberta modelo X-21 com tecnologia defasada.	36
Figura 5.5 – Diagrama de Ishikawa para busca das causas suspeitas do desempenho da manutenção.....	38
Figura 5.6 – Diagrama de Ishikawa para busca das causas suspeitas do desempenho da modernização	40
Figura 5.7 – Nova frota própria de iluminação pública de SJR.	44
Figura 5.8 – Conjunto braço/luminária LED montada em canteiro.....	44
Figura 5.9 – Tela do smartfone com o novo sistema utilizado na SPE	46

Lista de Tabelas

Tabela 2.1 - Comparação entre os tipos de lâmpada utilizadas na IP.....	17
Tabela 3.1 – Comparação de custo de instalação e manutenção das luminárias de sódio e LED	21
Tabela 5.1 – Cronograma de modernização (transposição LED).....	31
Tabela 5.2– Proposta de modernização por potência aprovada pela prefeitura municipal de SJR.	35
Tabela 5.3 – Teste de veracidade das causas suspeitas do desempenho da manutenção....	39
Tabela 5.4 – Teste de veracidade das causas suspeitas do desempenho da modernização.	41
Tabela 5.5 – Plano de ação 5W2H para redução das causas e atingimento das metas estabelecidas.	42

Lista de Gráficos

Gráfico 5.1– Modernização pré-metodologia.	37
Gráfico 5.2 - Gráfico de execução de protocolos antes e depois da metodologia.....	46
Gráfico 5.3 – Gráfico da modernização pós-metodologia.....	47

Lista de Abreviaturas e Siglas e Abreviações

ABNT	LED
Associação Brasileira de Normas Técnicas, 23	Light Emitting Diode, 3
AM	LPS
Amazonas, 44	Low Pressure Sodium, 16
ANEEL	MA
Agência Nacional de Energia Elétrica, 2	Maranhão, 30
CCO	MEE
Centro de Controle Operacional, 34	Ministério de Minas e Energia, 3
CE	PEE
Ceára, 44	Programa de Eficiência Energética, 1
CEE	PIB
Comissão Estadual de Energia, 10	Produto Interno Bruto, 1
D.	PPP
Dom, 9	Parceria Público Privado, 31
DNAEE	PROCEL
Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica, 11	Programa Nacional de Conservação de Energia, 3
DPS	Rioluz
Dispositivo de Proteção à Surto de Tensão, 20	Companhia Municipal de Energia e Iluminação, 10
EDF	SJR
Électricité de France, 20	São José de Ribamar, 43
EUA	SMD
Estados Unidos da América, 8	Sistema de Mensuração de Desempenho, 31
GEE	SP
Gases do Efeito Estufa, 19	São Paulo, 25
HPM	SPE
High Pressure Mercury, 16	Sociedade para Propósitos Específicos, 44
HPS	VM
High Pressure Sodium, 16	Vapor de Mercúrio, 10
IP	VS
Iluminação Pública, 6	Vapor de Sódio, 10
IRC	VSAP
Índice de Reprodução de Cor, 15	Vapor de Sódio de Alta Pressão, 20

Sumário

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. JUSTIFICATIVA DO TRABALHO	5
1.2. OBJETIVOS	5
1.3. ESTRUTURA DO TRABALHO	6
2. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E ILUMINAÇÃO PÚBLICA	8
2.1. UMA BREVE HISTÓRIA DA ILUMINAÇÃO PÚBLICA	8
2.2. A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NA ILUMINAÇÃO PÚBLICA	13
3. DESAFIOS NA IMPLANTAÇÃO DO LED NA ILUMINAÇÃO PÚBLICA	20
3.1. O CUSTO DE IMPLANTAÇÃO	20
3.2. A FALTA DE MÃO DE OBRA QUALIFICADA	22
3.3. A FALTA DE REGULAMENTAÇÃO ESPECÍFICA	23
3.4. AS FALHAS TÉCNICAS	24
3.4.1. Iluminação inadequada	24
3.4.2. <i>Drivers</i> e DPS's	24
3.4.3. Fuga de corrente	25
4. O MÉTODO UTILIZADO.	27
5. GESTÃO DA INSTALAÇÃO, OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DE TECNOLOGIA LED NA ILUMINAÇÃO PÚBLICA	29
5.1. CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA	30
5.2. OBJETIVOS DO ESTUDO DE CASO	32
5.3. METODOLOGIA	32
5.3.1. Identificação dos pontos críticos	33
5.3.2. Definição das causas raiz e testes de veracidade	37
5.3.3. Plano de ação para redução dos pontos críticos dos processos	41
5.4. RESULTADOS ALCANÇADOS	46
6. CONCLUSÃO	49

Capítulo 1

1. INTRODUÇÃO

Em 2017, o Brasil consumiu 467.161 GWh de energia elétrica, aumento de 1,2 % em relação ao ano anterior, que foi de 461.780 GWh. Deste montante, 15.443 GWh foi consumido pelo setor de iluminação pública ou aproximadamente 3,31 % do consumo total de energia elétrica do país neste ano [1]. Este volume de energia elétrica consumida, aliado aos serviços de manutenção da IP são pagos pelos impostos arrecadados pelo poder público, impactando diretamente na conta de energia elétrica mensal dos consumidores brasileiros. Em São Luís (MA), por exemplo, consumidores residenciais pagam até 17 % da conta de energia elétrica para custeio da iluminação pública, enquanto consumidores comerciais e industriais pagam até 27 % [28].

Segundo o Plano Decenal de Expansão de Energia 2027, o PIB teve um crescimento médio de 2,5 % e o consumo de energia elétrica de 1,5 % na década de 2007 a 2017 [2], isso mostra que a medida que o poder aquisitivo da população aumenta, o consumo de energia elétrica também aumenta. Portanto, a eficiência energética aparece como uma forma de diminuir o consumo e mitigar a necessidade de construção de novas usinas de geração de energia elétrica para atender a demanda nacional.

Quando se discute sobre eficiência energética, naturalmente se pensa em tecnologias mais modernas e eficientes. Na prática se trata de tecnologias que permitem reduzir o consumo energético, contribuindo também na redução das emissões de gás carbônico, uma vez que intrinsecamente associadas. Na indústria, setor de maior consumo de energia, algumas medidas para eficiência energética são a substituição de motores elétricos de baixo rendimento, compensação de fator de potência, eliminação de fugas e perdas de energia, isolamento térmico de superfícies aquecidas, aproveitamento de fontes de calor residuais, entre outros.

No Brasil, foi criado em 1998 o Programa de Eficiência Energética (PEE), a partir de obrigação fixada nos contratos de concessão firmados entre as concessionárias do serviço

público de distribuição de energia elétrica e a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) [3]. De 2008 até o final de 2017, a ANEEL contabilizou 926 projetos de eficiência energética apresentados pelas concessionárias, com investimentos da ordem de R\$ 1,876 bilhão, gerando uma economia total acumulada de 1.881 GWh [3]. Especificamente na área de iluminação artificial, a medida mais importante é a substituição de lâmpadas elétricas de baixa eficiência por lâmpadas mais eficientes, uma vez que estas já sofreram diversas mudanças desde a sua invenção.

As lâmpadas elétricas foram inicialmente chamadas lâmpadas a arco voltaico, cujos estudos de desenvolvimento iniciaram-se por volta de 1800 [4]. Em 1854, o mecânico alemão Heinrich Göbel construiu a primeira lâmpada incandescente usando fios de bambu carbonizados como filamento, que foram inseridos em um bulbo de vidro após a retirada de todo o ar interno. Esta lâmpada foi conectada a uma bateria e usada para iluminar sua loja em Nova Iorque. Em 1879, o americano Thomas Alva Edison desenvolveu a lâmpada de luz incandescente, que pôde ser produzida em escala industrial. Ele introduziu o sistema de base rosqueável, garantindo assim o contato elétrico e, assim como Göbel, usou uma fibra de carbono como filamento [5].

Na primeira década do século XX, viriam a ser estudadas e desenvolvidas as lâmpadas de descarga em atmosfera de gás, incluindo as lâmpadas utilizando vapor de mercúrio, a altas e baixas pressões, e as lâmpadas utilizando vapor de sódio, igualmente a altas e baixas pressões. Dentre elas, está a lâmpada fluorescente que foi inventada por Nikola Tesla e introduzida no mercado em 1938. Vinte anos depois, em 1958, foi introduzida a lâmpada halógena, que é uma construção especial e mais eficiente da lâmpada incandescente. Na década de 60 iniciar-se-iam as primeiras aplicações das lâmpadas a vapor de sódio a alta pressão e a multivapores metálicos que viriam a ganhar espaço crescente nas aplicações de iluminação pública [4].

No Brasil, as lâmpadas fluorescentes compactas começaram a se popularizar em 1º de junho de 2001, quando se deu início ao maior racionamento de energia da sua história, encerrado somente no dia 28 de fevereiro de 2002. Os consumidores tiveram que cortar voluntariamente 20 % do consumo de eletricidade, caso contrário, teriam um aumento no

valor da energia. Segundo o plano, quem consumisse até 100 kWh por mês (30 % dos lares brasileiros) não precisaria economizar nada. Acima dessa faixa, a redução era obrigatória e os que não aderissem ao pacote corriam o risco de ter a sua energia elétrica cortada por três dias na primeira infração e seis dias em caso de reincidência. O governo ainda impôs uma sobretaxa às contas de energia que fossem superiores a 200 kWh por mês, pagando 50 % a mais sobre o que excedesse a esse patamar. Haveria uma segunda sobretaxa, de 200 %, para as contas acima de 500 kWh [6].

Atualmente, ao se falar em redução de consumo de energia elétrica residencial, a primeira ideia que surge no consumidor é a substituição das convencionais lâmpadas fluorescentes por lâmpadas com tecnologia LED. Os consumidores também estão atentos a comprar produtos com o selo do Programa Nacional de Conservação de Energia (PROCEL), criado em 30 de dezembro de 1985, coordenado pelo Ministério de Minas e Energia (MEE) e operacionalizado pela Eletrobrás com o objetivo de promover a racionalização da produção e do consumo de energia elétrica (Figura 1.1), para que se eliminem os desperdícios e se reduzam os custos e os investimentos setoriais [7]. O PROCEL em 2017, proporcionou uma economia de energia de 21,2 bilhões de kWh, evitando que mais de 1,965 milhão tCO₂ equivalentes fossem emitidas na atmosfera[3]. Da década de 2017 a 2027, a energia elétrica conservada (36 TWh) corresponderá a geração de uma usina hidroelétrica com potência instalada de cerca de 8,5 GW, equivalente a uma UHE de Tucuruí [2].

Figura 1.1 – Selo PROCEL de economia de energia



Fonte: [5].

A tecnologia LED tem chegado rapidamente às residências (mesmo com um custo alto comparado as lâmpadas compactas), e também está sendo aplicada na iluminação pública (IP), com o mesmo intuito de reduzir o consumo de energia elétrica, ao passo que melhora a qualidade da iluminação deixando as vias e locais públicos mais seguros e agradáveis para a população. Dentro dessa linha de incentivo, existe o PROCEL Reluz, que atua para promover o desenvolvimento de sistemas eficientes de iluminação pública e sinalização semafórica, através da substituição de lâmpadas incandescentes, mistas e a vapor de mercúrio por lâmpadas a vapor de sódio a alta pressão, a vapor metálico ou luminárias LED, mais eficientes que as anteriores.

Entretanto, a implantação de luminárias LED em áreas de iluminação pública traz vários desafios, tais como o valor do investimento, a falta de profissionais qualificados para atuarem nas obras e manutenções e as falhas do sistema, tanto causadas pelas intempéries, quanto pela tecnologia adotada prematuramente, sem um bom estudo de viabilidade técnica. O planejamento para a substituição da tecnologia atual de lâmpadas de descarga para tecnologia LED e a gestão dos sistemas pós implantação ainda é uma tarefa pouco discutida, sendo necessário introduzir alguns componentes de gestão para entender todo o processo e poder planejar com êxito. Na Figura 1.2 é ilustrado um comparativo visual entre as áreas com tecnologia LED (luz branca) e iluminação convencional com lâmpadas de vapor de sódio de alta pressão (luz amarela) em torno da Lagoa da Jansen, situada em São Luís (MA).

Figura 1.2 – Contraste entre a iluminação LED e convencional em torno da Lagoa da Jansen (São Luís – MA)



Fonte: [8].

1.1. JUSTIFICATIVA DO TRABALHO

A justificativa do trabalho foi preencher as lacunas literárias sobre as dificuldades encontradas na implantação da tecnologia LED na iluminação pública pelo ponto de vista do autor participante. Foi percebido durante o processo de revisão bibliográfica que a grande maioria dos trabalhos falam sobre os benefícios dessa nova tecnologia, mas não abordam os desafios encontrados na prática, fazendo-se necessária uma discussão mais detalhada sobre esse assunto acerca de todo o processo e exemplificar com casos reais.

1.2. OBJETIVOS

O objetivo geral do trabalho foi realizar a análise dos desafios da implantação de tecnologia LED na iluminação pública e determinar uma metodologia de gestão que permitisse aumentar a eficiência dos processos.

Os objetivos específicos que permitem uma melhor interpretação das etapas desenvolvidas são classificados como:

- Apresentar problemas reais ocorridos na implantação de LED na iluminação pública das cidades de São Luís e São José de Ribamar (Maranhão) e as soluções desenvolvidas para mitigar e/ou resolver tais problemas.
- Analisar e apresentar soluções na implantação de tecnologia LED na iluminação pública;
- Apresentar as vantagens do uso de tecnologia LED na iluminação pública como forma de eficiência energética;
- Propor metodologia para a gestão da instalação, operação e manutenção voltadas para iluminação pública a LED.

1.3. ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho está estruturado em cinco capítulos de forma a permitir o entendimento do modelo proposto para gestão da manutenção da IP, as etapas que contextualizam o problema e as garantias que corroboram para a implantação, como segue:

1. INTRODUÇÃO: foi realizada uma introdução sobre o tema, com uma contextualização sobre as causas para a motivação da pesquisa, os objetivos e a estrutura.
2. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E ILUMINAÇÃO PÚBLICA: foi discutido sobre as vantagens da eficiência energética e a aplicação na iluminação pública. Detalhado as tecnologias utilizadas na iluminação pública e na gestão, tais como as luminárias LED e a telegestão.
3. DESAFIOS NA IMPLANTAÇÃO DO LED NA ILUMINAÇÃO PÚBLICA: foi discorrido sobre os problemas e soluções da implantação desta tecnologia na iluminação pública, exemplificando com casos reais.
4. O MÉTODO UTILIZADO: foi apresentado o método do estudo de caso utilizado no trabalho.
5. PROPOSTA DE GESTÃO DA MANUTENÇÃO NA ILUMINAÇÃO PÚBLICA: foi apresentada uma metodologia de gestão de todas as etapas da implantação de tecnologia LED na IP.

6. CONCLUSÃO: foi apresentada a conclusão do trabalho com destaque a método, os pontos de inflexão entre as metodologias e trabalhos futuros.

Capítulo 2

2. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E ILUMINAÇÃO PÚBLICA

2.1. Uma breve história da iluminação pública

No final do século XVIII e início do século XIX, a iluminação das ruas era realizada por meio de lampiões a gás ou óleo, e que eram presos às fachadas das casas ou em postes distribuídos ao longo das ruas. Com advento desse novo sistema, surgiu uma profissão chamada “acendedor de lampião” (Figura 2.1) que consistia basicamente em pessoas que eram responsáveis por acender os lampiões ao entardecer e apagar ao amanhecer. Além disso, também faziam as devidas manutenções e tinham que repor o combustível utilizado.

Figura 2.1 – O acendedor de lampiões



Fonte: [9].

A medida que as vias públicas passaram a ser iluminadas nos períodos noturnos, a população desenvolveu novos hábitos de trabalho e lazer, os quais não haviam tanta frequência, sendo um fator determinante na redução da violência e contribuiu significativamente para a economia das cidades.

Com o surgimento de dispositivos capazes de produzir luz a partir da energia elétrica, esse recurso se tornou interessante para a iluminação de vias públicas. A iluminação a arco voltaico foi demonstrada ao público em Paris e Londres, entre as décadas de 1840 e 1850. Porém, na época, a forma de alimentação dos dispositivos era limitada, sendo realizada por meio de células químicas, com autonomia limitada e elevado custo. Em 1879, nos EUA, foram instaladas as primeiras lâmpadas elétricas para iluminar vias públicas. Doze lâmpadas a arco voltaico na *Public Square*, em Cleveland. Os sistemas elétricos ainda eram utilizados de forma alternada com os lampiões a combustível, já que somente no século XX os sistemas elétricos viriam a se tornar suficientemente confiáveis para operarem sem necessidade de retaguarda [4]. As demonstrações destes dispositivos de iluminação artificial, primórdios das lâmpadas incandescentes, eram restritas a curtos espaços de tempo e em número reduzido de equipamentos. O progresso das lâmpadas incandescentes demonstrou a necessidade de desenvolver um dispositivo capaz de operar por grandes períodos sem elementos consumíveis, visando maior praticidade de emprego e redução de custos.

Isto vem ao encontro da iluminação de vias públicas que está presente desde o início da utilização comercial da energia elétrica. No caso do Brasil, D. Pedro II visitara a Exposição de Filadélfia e voltara ao Brasil estimulado com a energia elétrica. Autorizou então que Thomas Edison introduzisse suas invenções no país e em 1879 foi registrada a primeira utilização da luz elétrica na Estação Rio da estrada de Ferro D. Pedro II, quando foram instaladas seis lâmpadas a arco voltaico, as chamadas “velas *Jablokhov*”, acionadas a partir da energia elétrica gerada por dois dínamos [4]. Logo, a iluminação pública se tornou um dos primeiros serviços energéticos produzidos a partir da energia elétrica que aos poucos foi sendo introduzido em todas as cidades.

A lâmpada incandescente, desde sua invenção, em 1879, viria a passar por uma série de aperfeiçoamentos que a fariam tecnologia quase que absoluta para iluminação durante a primeira metade do século XX, como supracitado. Em 1913, o filamento a carvão foi substituído pelo fio metálico enrolado em hélice que operava em atmosfera gasosa inerte. Este foi o salto para que as lâmpadas incandescentes passassem a operar com eficiência na faixa dos 20 lumens por Watt.

No Rio de Janeiro, as primeiras experiências com as lâmpadas incandescentes foram realizadas em 1915 e foram substituindo gradativamente as lâmpadas a arco voltaico. Havia na cidade neste período 9.428 lâmpadas elétricas e 22.088 combustores de gás. Em 1920 estavam instaladas 10.846 lâmpadas elétricas e 10.785 combustores de gás. A partir deste ano as lâmpadas a arco voltaico da Avenida Rio Branco seriam substituídas por lâmpadas incandescentes de 400 velas cada (Figura 2.2). A cidade comportava mais de 1 milhão de habitantes. Em 1933 foram desligados os últimos 490 lampiões a gás no Rio de Janeiro. Nesta mesma época a cidade recebeu o título de “cidade-luz sul-americana”, sendo reconhecida como uma das mais bem iluminadas do mundo e comparável, inclusive, com Paris. Em 1950, o Rio de Janeiro era a cidade com a melhor iluminação do Brasil, com 5.160 logradouros iluminados com 42.470 pontos de luz.

Nos últimos anos da década o governo determinou que a iluminação pública passaria a ser feita com lâmpadas fluorescentes, de eficiência mais elevada do que as incandescentes. Em 1953, em caráter experimental, foram instaladas na Avenida Beira-Mar dez luminárias de fabricação nacional, equipadas com lâmpadas a vapor de mercúrio de 400W, substituindo as lâmpadas incandescentes existentes. As lâmpadas eram altamente eficientes para a época, possuíam vida útil mais longa e já possuíam luz agradável ao olho humano [4]. Em 1963, a maioria das lâmpadas utilizadas na iluminação pública eram do tipo incandescente, em segundo lugar as fluorescentes e em terceiro, as lâmpadas a vapor de mercúrio [10].

Em julho de 1975, no Rio de Janeiro, a Comissão Estadual de Energia (CEE) era responsável pela instalação e manutenção de 33 mil pontos de luz, enquanto a Light ainda mantinha o controle sobre 90 mil lâmpadas incandescentes espalhadas por 11 mil ruas da cidade. Nesta época foi dado início ao uso da lâmpada a vapor de sódio. A primeira utilização foi na ponte Rio-Niterói. Em Brasília, na década de 80 foi introduzida, gradualmente, a iluminação a vapor de sódio alta pressão. Inicialmente foram utilizadas chamadas lâmpadas intercambiáveis, as lâmpadas VS 225 Watts e VS 360 Watts, de fabricação da Sylvania, que substituíam diretamente as lâmpadas VM 250 Watts e VM 400 Watts, respectivamente, sem a necessidade de substituição de reatores e luminárias (por isso o nome intercambiáveis) [4].

No Rio de Janeiro, na década de 90, os 40 mil pontos de luz com lâmpadas incandescentes foram repassados pela Light à Companhia Municipal de Energia e Iluminação – Riolut, criada em 1990. A Riolut administrava em 2004 um parque de cerca de 380 mil pontos de iluminação pública, o qual vem usando progressivamente mais lâmpadas a vapor de sódio e multivapores metálico, de mais elevada eficiência. As multivapores metálicos são utilizadas em aplicações específicas, pois possuem elevado índice de reprodução de cores, mas seu custo é extremamente elevado.

Figura 2.2 – Iluminação Pública na avenida Rio Branco no início do século XX



Fonte: [11].

Até o ano 2000, o fornecimento de elétrica para iluminação pública era regulamentado pelas Portarias DNAEE nº 466/97 e nº 158/89 do Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica. Esta última apresentava artigos polêmicos relacionados com a classificação dos sistemas de iluminação padronizada e especial, definição de responsabilidade pelos custos de manutenção, critérios para faturamento de energia elétrica consumida e

tarifas. Com isso, era constante o conflito entre concessionárias e prefeituras municipais, principalmente no que diz respeito a limites de atuação [12]. Acreditava-se que com a nova resolução normativa nº 456/2000 da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) estes conflitos seriam sanados, mas isso só aconteceu em 2010, quando a ANEEL publicou a resolução normativa nº 414/2010, que estabeleceu as condições gerais de fornecimento de energia elétrica, inclusive para a iluminação pública, e a responsabilidade dos ativos (luminárias, lâmpadas, relés, reatores, etc.), da operação e manutenção passou a ser do poder público municipal, a qual como regra geral, contrata uma empresa especializada por meio de licitação, para gerir o parque de iluminação pública, sendo que algumas das vezes a empresa contratada é a própria concessionária de energia que atende aquele município.

A contribuição para custeio do serviço de iluminação pública foi homologada pela Emenda Constitucional nº 39/2002 e na época gerou enorme polêmica. Antes da existência da referida classe de tributos, diversos municípios instituíam taxas de iluminação pública com base em critérios próprios de cobrança. Alguns problemas eram identificados, notadamente os de base constitucional, visto que as taxas podem ser cobradas “de serviços públicos específicos e divisíveis, prestados ao contribuinte ou postos a sua disposição”. A iluminação pública não é facilmente mensurável e sua utilização não é divisível pelos usuários [12].

O tributo para custeio da iluminação pública no Brasil pôde fomentar uma maior organização dos núcleos de IP das prefeituras e também viabilizar melhoria da qualidade de prestação do serviço. A Contribuição para IP – CIP foi implementada através de emenda constitucional, pois criou uma nova classe de tributos na Constituição Federal, específica para iluminação pública. Apesar de ter sido alvo de manifestações dos defensores do direito tributário na sua essência, foi a forma encontrada pelo legislativo para respaldar as prefeituras municipais na instituição de tal tributo [4]. Uma vez que estes serviços são custeados por meio de imposto municipal, deve ser regulamentado por lei municipal a qual varia de região para região. Esta nova resolução normativa de 2010 da ANEEL, de passar os ativos da iluminação pública da concessionária para o município veio exatamente para diminuir o custo para o consumidor e consequentemente a conta de energia.

2.2. A eficiência energética na iluminação pública

Relembrando, a eficiência energética permite que equipamentos e dispositivos em geral possam ser utilizados com a maior eficiência possível, utilizando o máximo de energia para realizar trabalho. A eficiência energética então, é um conjunto de medidas implementadas para se mitigar desperdícios e utilizar o máximo de um sistema ou equipamento, diminuindo conseqüentemente o seu consumo energético. Citando exemplos de eficiência energética no dias atuais, temos a substituição de motores CC por motores CA acionados por inversores, a troca de aparelho de ar condicionados antigos para aqueles com tecnologia *inverter*, a utilização do calor de dispersão produzido em sistemas de caldeiras para realimentar o sistema, utilização do gás metano produzido em aterros sanitários para geração de energia elétrica e a troca das lâmpadas tradicionais por lâmpadas mais eficientes, que atualmente são aquelas com tecnologia LED.

Na Figura 2.3 é ilustrado que os países mais industrializados são aqueles que estão mais iluminados, logo países como os Estados Unidos tem uma maior concentração de pontos luminosos, seguido de toda a Europa, Rússia e Japão. O Brasil também está bem representado, porém grande parte da iluminação na região sul, sudeste, por outro lado, o continente africano e asiático com pouquíssima iluminação, excluindo alguns países da África do Sul e do Japão. Uma vez que um país industrializado consome cerca de 10 % a 20 % de toda energia elétrica em iluminação, de forma geral é evidente que este consumo é um dos principais alvos quando se pensa em eficiência energética [13].

Figura 2.3 – Iluminação no Planeta



Fonte:[13].

Em se tratando de ações associadas a eficiência energética, um ponto inicial é a busca por novas tecnologias que otimizem o consumo de energia elétrica. No caso em particular da iluminação pública há um histórico de melhorias que foram sendo realizadas ao longo dos anos, por exemplo no Brasil, dentre as tecnologias existentes a lâmpada de vapor de mercúrio que desde a década de 50 fora utilizada em substituição as tradicionais lâmpadas incandescentes, pois possuía um boa reprodução de cores em comparação a sua antecessora, mais confortável ao olho humano e consequentemente maior clareza na visualização de objetos, passou a ser substituída em 1975 pela lâmpada de vapor de sódio de alta pressão [4], que possui eficiência luminosa média 125 % maior e o dobro da vida útil em comparação a esta [14]. Entretanto, por uma questão de custo, muitas cidades continuam utilizando a lâmpada vapor de mercúrio por terem um custo menor que as outras lâmpadas de descarga.

Figura 2.4 – Escala de temperaturas de cor



Fonte: [15].

Outros tipos de lâmpadas também foram agregadas a iluminação pública por conta de outros fatores, tais como a lâmpada mista, que não precisa de reator, diminuindo assim o custo de implantação e manutenção, ou a lâmpada de vapor metálico que possui um alto índice de reprodução de cor (IRC), sendo este o índice que mede a capacidade de uma fonte de luz de revelar fielmente as cores dos objetos em comparação a uma fonte de luz ideal ou natural, uma vez que a lâmpada vapor de sódio de alta pressão tem temperatura de cor na faixa de 2000K a 3200K [14], de forma que os objetos são observados na cor “amarela” conforme pode ser analisado na Figura 2.4 e observado na Figura 2.5. Mesmo assim, esta lâmpada é a mais adequada para o uso na iluminação das vias públicas, pois além da eficiência é a que possui maior vida útil, permanecendo mais tempo acesa e diminuindo os custos de manutenção.

Figura 2.5 – Iluminação pública convencional com lâmpada de vapor de sódio



Fonte: [16].

Continuando com o foco na implementação de tecnologias mais eficientes no consumo de energia elétrica, a tecnologia LED que foi inventada em 1961, mas somente diversificado em 1990 com a invenção do LED Azul pelos professores japoneses Nakamura, Akasaki e Amano, ganhadores do prêmio Nobel de Física de 2014 [17]. A Osram lançou o primeiro LED branco em 1995 e o chamou de PowerTopLED. Nos anos de 1997 e 1998 surgem as primeiras luminárias para uso arquitetural, produzidas em larga escala. Os modelos foram apresentados em feiras especializadas nos EUA e na Europa e eram dos tipos balizadores de piso e luzes de emergência. Em 2000 a Lumileds-Philips lança o LED Luxeon I, elevando o patamar da tecnologia a níveis de 25 lumens em um único emissor, o que, para a época, era uma revolução. Muitas indústrias adotam essa plataforma, e o desenvolvimento de soluções como ótica secundária, dissipação térmica, drivers, controles e softwares apareceram, possibilitando uma mais efetiva utilização dos LEDs na iluminação geral [18].

Deste 1997, esta tecnologia vem aos poucos substituindo a iluminação convencional usada na iluminação pública. As luminárias LED possuem diversas vantagens em relação a tecnologia convencional das lâmpadas de descarga de vapor de sódio, tais como baixo consumo de energia, longa durabilidade (vida útil elevada), elevado índice de reprodução de cores, ausência de emissão de raios infravermelho e ultravioleta especificamente para este tipo de aplicação (iluminação pública), não atraindo insetos e não atacando objetos iluminados pela radiação (quadros, obras de artes e outros mais sensíveis), diferentes temperaturas de cor, arranque imediato, atingindo 100 % do seu brilho instantaneamente, não é sensível a vibração e não necessita de descarte especial uma vez que não possui substâncias nocivas à saúde humana, a exemplo do mercúrio também presente na lâmpadas de vapor de sódio.

Na Tabela 2.1 é apresentado uma comparação entre os tipos de lâmpadas utilizadas na iluminação pública, como o LED, a lâmpada de vapor de mercúrio (HPM), a lâmpada de sódio de baixa (LPS) e alta pressão (HPS) e a lâmpada de vapor metálico e as principais características de operação, custo, vida útil e eficiência.

Tabela 2.1 - Comparação entre os tipos de lâmpada utilizadas na IP

	HPM	HPS	LPS	Iodetos metálicos	LED
Rendimento luminoso [lm/W]	De 40 a 60	De 80 a 150	De 120 a 200	De 65 a 120	Por vezes > 150
Temperatura de cor	De 3000 K a 4000 K	De 2000 K a 3200 K	De 1800 K a 2000 K	De 3000 K a 6000 K	Variado
IRC	De 40 a 55	De 20 a 70	≈ 0	De 81 a 95	> 75
Duração média (horas)	De 10000 a 12000	De 8000 a 12000	De 12000 a 18000	De 3000 a 9000	60000
Tempo de arranque (minutos)	≈ 4	≈ 5	≈ 10	≈ 4	Instantâneo
Luminância [cd/m²]	De 4 a 15	De 25 a 500	6	De 100 a 6000	³
Período de manutenção	2 anos	3 a 4 anos	3 a 4 anos	3 anos	12 anos
Equipamento auxiliar	Balastro e condensador	Arrancador, balastro e condensador	Arrancador, balastro e condensador	Arrancador, balastro e condensador/balastro eletrónico	Inexistente

Fonte: adaptado de [14].

É possível observar que a lâmpada de vapor de mercúrio (HPM) possui um bom índice de reprodução de cores e boa durabilidade, mas baixo rendimento luminoso e baixa luminância (capacidade de iluminar grandes áreas). Em relação as lâmpadas de vapor de sódio, a de baixa pressão (LPS) tem alto rendimento e durabilidade, mas baixo IRC e luminância, enquanto a de alta pressão (HPS) possui bom rendimento, boa luminância e durabilidade e baixo IRC. A lâmpada de multivapor metálico tem um rendimento e vida útil menor, se comparado as lâmpadas de sódio, mas alto índice de reprodução de cores (o maior dentre as lâmpadas convencionais) e alta luminância. Vale ressaltar que todas estas supracitadas necessitam de um certo tempo para arrancar (ligar e abrir todo o seu fluxo luminoso), dentre elas, a lâmpada de mercúrio e multivapor metálico são as que arrancam mais rápido. O LED por sua vez, supera suas antecessoras em praticamente todos os aspectos. Possui alto rendimento luminoso, alto índice de reprodução de cores e alta durabilidade, além do arranque imediato.

Entretanto, assim como qualquer tecnologia, as luminárias LED para IP também apresentam desvantagens, tais como o alto custo de implantação, a falta de padronização por se tratar de uma tecnologia recém-adotada e consequente falta de mão de obra qualificada disponível no mercado. Estes assuntos serão melhor abordados no capítulo 3.

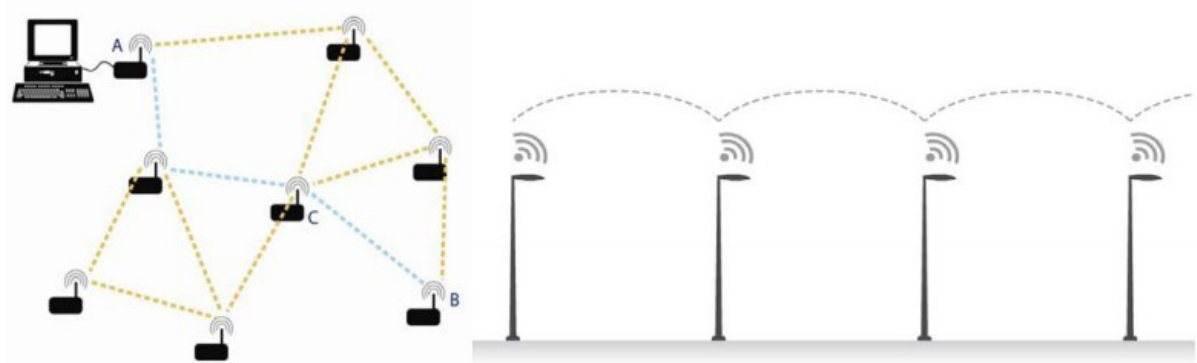
Agregada a tecnologia de luminárias LED está a telegestão, que é uma tecnologia de controle remoto a distância, geralmente sistemas de tecnologia aberta, sem fio (*wireless*) e ligação a internet permitindo o monitoramento, controle, a medição e a gestão de iluminação.

Com esse tipo de controle, cada ponto luminoso pode ser ligado, desligado ou dimerizado individualmente. A dimerização é o controle do fluxo luminoso emitido pelas luminárias de acordo a necessidade, exemplificando é possível diminuir o fluxo luminoso das vias públicas durante a madrugada, uma vez que o fluxo de carros é menor nesse período, permitindo uma redução no consumo de energia.

Além das ações supracitadas, também é possível monitorar o estado de operação, o consumo de energia elétrica e possíveis falhas, além de data/hora e a localização geográfica, sendo armazenadas em um banco de dados que pode ser acessado remotamente pelos gestores de iluminação pública. Estas funções associadas a telegestão permite melhorar a confiabilidade da iluminação pública e reduzir custos operacionais, pois a medida que é conhecido a falha ocorrida na luminária, a manutenção se torna mais rápida e eficiente [19].

Na Figura 2.6 é ilustrado de forma simples a operação do sistema de telegestão. Um software instalado em um computador envia o sinal via internet (A) para um aparelho concentrador (C), que replica o sinal em frequência de rádio de luminária para luminária. Geralmente existem outros concentradores (B) instalados ao longo da rede para amplificar o sinal recebido.

Figura 2.6 – Topologia em malha para telegestão de luminárias LED



Fonte:[19].

Atualmente os sistemas de telegestão com luminárias de tecnologia LED são o estado da arte em termos de eficiência energética para iluminação pública, pois oferecem uma gama de inovações e benefícios no gerenciamento, tais como:

- Redução nas emissões de gases de efeito estufa;

- Melhoria na confiabilidade e segurança;
- Melhora a manutenção e reduz o seu custo;
- Menor consumo de combustíveis fósseis, com a redução das emissões de CO₂ e emissões de gases de efeito estufa (GEE);
- Melhora a “imagem verde” da cidade para atrair novos investidores, empresas e moradores [19].

Estas inovações permitem não somente um maior controle sobre o parque de iluminação pública por parte de seus gestores públicos e privados, mas também que os problemas de manutenção sejam identificados ainda na forma incipiente permitindo despachar equipes dentro de uma rota otimizada por prioridade de classificação de via e grau do problema, diminuindo o tempo de execução da manutenção, além de custos relacionados ao tempo de HH e material utilizado, uma vez que as equipes já sairão das bases com o conhecimento do problema do ponto.

Capítulo 3

3. DESAFIOS NA IMPLANTAÇÃO DO LED NA ILUMINAÇÃO PÚBLICA

As luminárias com tecnologia LED apresentam diversas vantagens em relação a IP tradicional com lâmpadas de descarga, principalmente no que diz respeito a eficiência energética e redução do custo de manutenção. Entretanto, nem tudo são vantagens, pois existem também diversos desafios a serem enfrentados na implantação desta tecnologia, principalmente por se tratar de uma tecnologia nova na IP, tais como o alto custo de implantação, falta de mão de obra qualificada, falta de regulamentação específica e falhas técnicas. Neste capítulo será realizado uma abordagem com detalhamento de alguns aspectos que dificultam ou encarecem e que são desafios da aplicação na IP.

3.1. O custo de implantação

A tecnologia LED na iluminação pública brasileira pode ser considerada como recém-adotada, haja vista que a quantidade de pontos instalados ainda é bem reduzida se comparada com a quantidade total da IP do país. Sendo assim, como toda tecnologia nova o custo de implantação é alto, uma vez que o preço das luminárias LED no mercado é alto, pois são geralmente feitas em carcaça de alumínio com um formato que permita a dissipação de calor com o ambiente e também com o objetivo de evitar água acumulada, vidro nos módulos de LED para proteção e refração de luz emitida e equipamentos eletrônicos tais como dispositivo de proteção ao surto de tensão (DPS) e *drivers*, que são as fontes conversoras utilizadas para converter a tensão disponibilizada na rede de distribuição da concessionária no tipo de tensão utilizada na alimentação dos LEDs.

Tudo isso, faz com que uma luminária LED com fluxo luminoso útil de 30.569 lm, custe em média R\$ 1.500,00 no mercado brasileiro, enquanto o conjunto de luminária, reator e lâmpada vapor de sódio de alta pressão 400 W, com fluxo luminoso útil de 33.600 lm, comumente usada em avenidas de grande circulação, custe em média R\$ 360,00, pelo menos

quatro vezes o valor do LED, segundo dados da CITELUM GROUPE EDF, empresa francesa com grande atuação na iluminação pública do Brasil e que atua também em 17 países [20]. Logo, a transposição das luminárias convencionais para LED ainda oferece bastante resistência por parte do poder público, uma vez que requer um alto investimento inicial. Na Tabela 3.1 é mostrado, para efeito de comparação, o custo de instalação e manutenção de uma lâmpada de vapor de sódio de alta pressão (VSAP) de 150 W e uma luminária LED de 141 W.

Esse é um grande problema no Brasil, o poder público não costuma pensar a longo prazo, pois mesmo que o investimento inicial seja alto, irá ser amortecido em pouco tempo, cerca de 5 a 7 anos, de acordo com os cálculos mais atualizados, haja vista que haverá redução no consumo de energia e no custo de manutenção, além de aumentar a qualidade de vida da população (no quesito conforto visual e segurança), um dos objetivos da iluminação pública. Em contrapartida, devido a crescente pressão por parte da população, para que haja a mudança da tradicional iluminação amarela das vias públicas para a cor branca, as prefeituras vêm instalando lâmpadas de vapor metálico (brancas), que apesar de possuírem alto índice de reprodução de cor, aumentam o consumo de energia elétrica e possuem quase um terço da vida útil da lâmpada vapor de sódio, aumentando também o custo de manutenção.

Tabela 3.1 – Comparação de custo de instalação e manutenção das luminárias de sódio e LED

ITEM	CUSTO (R\$)	
	HID (VSAP 150 W)	LED (141 W)
Luminária	270,00	850,00
Poste	400,00	400,00
Instalação/manutenção	125,00	125,00
Fonte de Luz (Lâmpada ou LEDs)	35,00	350,00
Driver/Reator	50,00	150,00
Relé Fotoelétrico (Controle)	35,00	-
Telegestão - Controlador Luminária	-	400,00
Telegestão - Controlador Rede	-	35,00
TOTAL	915,00	2310,00

Fonte: Adaptado de [19].

O artigo 149 da constituição federal deixa explícito que o imposto municipal arrecadado para custeio da iluminação pública só pode ser utilizado para este fim, não podendo de forma alguma ser deslocado para outros setores públicos, tais como saúde ou educação, o que garantiu investimento direto e melhoria na qualidade dos serviços prestados, conforme supracitado, se contrapondo ao pensamento do não investimento na efficientização da iluminação pública por parte do poder público, uma vez que existe recurso exclusivo.

3.2. A falta de mão de obra qualificada

A iluminação pública é um setor bem específico da área de engenharia elétrica, consequentemente há falta de profissionais técnicos qualificados no mercado de trabalho, isso porque geralmente são contratados engenheiros, técnicos e eletricitas para atuarem nessa área, mas que não costumam ter a experiência em iluminação pública, e sim em redes de distribuição de energia, uma vez que geralmente são oriundos das concessionárias de energia. Segundo a FM Rodrigues, geralmente engenheiros e técnicos são responsáveis pelas atividades de levantamento de campo, elaboração de projetos civis, elétricos e luminotécnicos, compra de materiais, testes de materiais em bancada e planejamento de obras, ou seja, trabalham geralmente com atividades de escritório, enquanto os eletricitas são responsáveis pelas atividades de campo, que envolvem instalação e manutenção.

Tratando especificamente da parte operacional é observado que os cursos de eletricidade básica fornecidos pelas instituições de ensino público e privado não abrangem a área de iluminação pública, somente a de redes de distribuição de baixa e alta tensão, formando profissionais capacitados para atuarem em concessionárias, mas não em empresas de iluminação pública [25].

O grande problema é que as empresas de iluminação são obrigadas a contratar estes mesmos profissionais sem experiência ou conhecimento, e fornecer cursos de preparação e capacitação na área, o que requer tempo e investimento por parte da empresa, e que da mesma forma precisa repassar o custo do investimento para o cliente, tornando o serviço ainda mais caro, principalmente quando o custo é de instalação e manutenção de luminárias

LED, uma vez que esta atividade ainda é pouco conhecida no mercado e consequentemente com poucos profissionais habilitados para ministrar aulas. Uma medida que as empresas em geral adotam para mitigar esse problema é disponibilizar um ou mais funcionários que possuem maior experiência, geralmente técnicos e engenheiros, para treinar os novos colaboradores, mas que ainda assim impacta na produtividade daquele profissional, que deixa de executar suas atividades diárias para poder ministrar os treinamentos [22].

3.3. A falta de regulamentação específica

Relembrando, a resolução normativa que regulamenta a utilização da iluminação pública no Brasil é a 414/2010 da ANEEL. Já em termos técnicos, a iluminação pública é normatizada pela ABNT NBR 5101:2012 – Iluminação Pública – Procedimento, que estabelece os requisitos mínimos que garantem a segurança ao tráfego de pedestres e veículos nas vias públicas. Assim como esta, existem normas brasileiras específicas para padronizar o uso de reatores e lâmpadas, tanto de vapor de mercúrio quanto de sódio e metálico (ABNT NBR 5170, NBR 5120, NBR 13592, NBR 13593, NBR 14305, etc...), tanto em relação as características elétricas quanto físicas, tais como o padrão de encaixe da lâmpada (E25, E40, etc...), já que se trata de uma tecnologia antiga, presente no mercado há muito tempo.

Esse número de normas e regulamentações técnicas permite uma variedade e livre concorrência de todos os componentes utilizados na iluminação pública, pois em uma luminária qualquer, pode haver componentes de diversos fabricantes, devido ao processo de padronização, o qual impede um certo monopólio.

No momento esta diversificação de componentes não ocorre nas luminárias LED, pois apesar de existirem diversos fabricantes no mercado, haja vista que estes foram atraídos pela grande expansão da ideia de eficiência energética na iluminação pública, não existem padrões específicos. Sendo assim, cada fabricante produz componentes específicos para a luminária e mesmo que sejam da mesma potência, os componentes internos não podem ser utilizados em luminárias de outro fabricante.

Por outro lado, grandes fabricantes como *General Lighting* (GE) e *Philips*, terceirizarem com outros fabricantes o fornecimento de componentes internos das luminárias, tais como *drivers* e DPS's, contudo ainda produzem os dispositivos, especificamente para

cada cliente. Sendo assim, a empresa de iluminação pública se torna dependente de determinados fornecedores de luminárias, pois precisarão dos componentes específicos para realizar manutenções, e sem poder comprar com outros fornecedores terão de aceitar o preço determinado, encarecendo o valor final ao cliente.

3.4. As falhas técnicas

A falta de padronização aliada ao fato de ser uma tecnologia recente, acarreta alguns problemas técnicos na IP que foram vivenciados pela CITELUM GROUPE EDF e a FM Rodrigues no Maranhão (São Luís e São José de Ribamar) e em São Paulo/SP. Estes problemas técnicos são base da proposta do trabalho e permitem uma discussão acerca da tecnologia LED aplicada a IP.

3.4.1. Iluminação inadequada

Um problema que chamou atenção de grande parte da população de São Luís foram as várias ocorrências de luminárias LED em sequência piscando durante a noite nas principais avenidas da cidade. Segundo a CITELUM, na maioria dos casos o cabo de neutro da concessionária que alimenta as luminárias partiu sem motivo específico, o que deixou as luminárias alimentadas apenas pelo cabo de fase e pelo cabo de terra (as luminárias LED são aterradas individualmente), criando este efeito intermitente nos LED's. Entretanto, em outros casos a alimentação estava em perfeito estado e o mesmo efeito ocorreu.

A teoria mais provável, do ponto de vista dos engenheiros da CITELUM, é que uma grande quantidade de luminárias LED instaladas no mesmo circuito, necessitou de uma quantidade de energia reativa que intercambiada entre os *drivers* das luminárias, causou esse efeito de oscilação de tensão, o qual atuou as proteções dos drivers ligando e desligando as luminárias em alguns ciclos. Segundo a empresa, foi solicitado do fabricante um diagnóstico sobre o defeito, entretanto nenhuma causa, de conhecimento do fabricante, fora explicada.

3.4.2. Drivers e DPS's

Os DPS's (Dispositivo de Proteção ao Surto de Tensão) são dispositivos utilizados para proteger eletricamente os *drivers* e consequentemente os módulos de LED das

luminárias contra surtos de tensão na rede de distribuição da concessionária, por exemplo de descargas atmosféricas. O grande problema é que na maioria dos estados brasileiros, o qual o Maranhão não é exceção, a rede de distribuição da concessionária pode apresentar algumas oscilações de tensão ao longo de vários trechos e a eletrônica contida nos equipamentos não é robusta o suficiente aos surtos, queimando não somente os DPS's quanto os *drivers*, com um alto grau de incidências.

Para efeito de comparação, quando as luminárias LEDs são instaladas nas mesmas redes, os componentes das luminárias tradicionais, tais como os reatores e ignitores, se apresentam muito mais robustos a este tipo de ocorrência na rede. Sendo assim, para uma luminária LED em que a vida útil está em torno de 12 a 15 anos, há uma redução drástica no tempo de vida projetado devido estas ocorrências. Felizmente para a empresa responsável pela IP, os fabricantes de luminárias LED fornecem ao cliente em média 5 anos de garantia, desde que comprovada a falha.

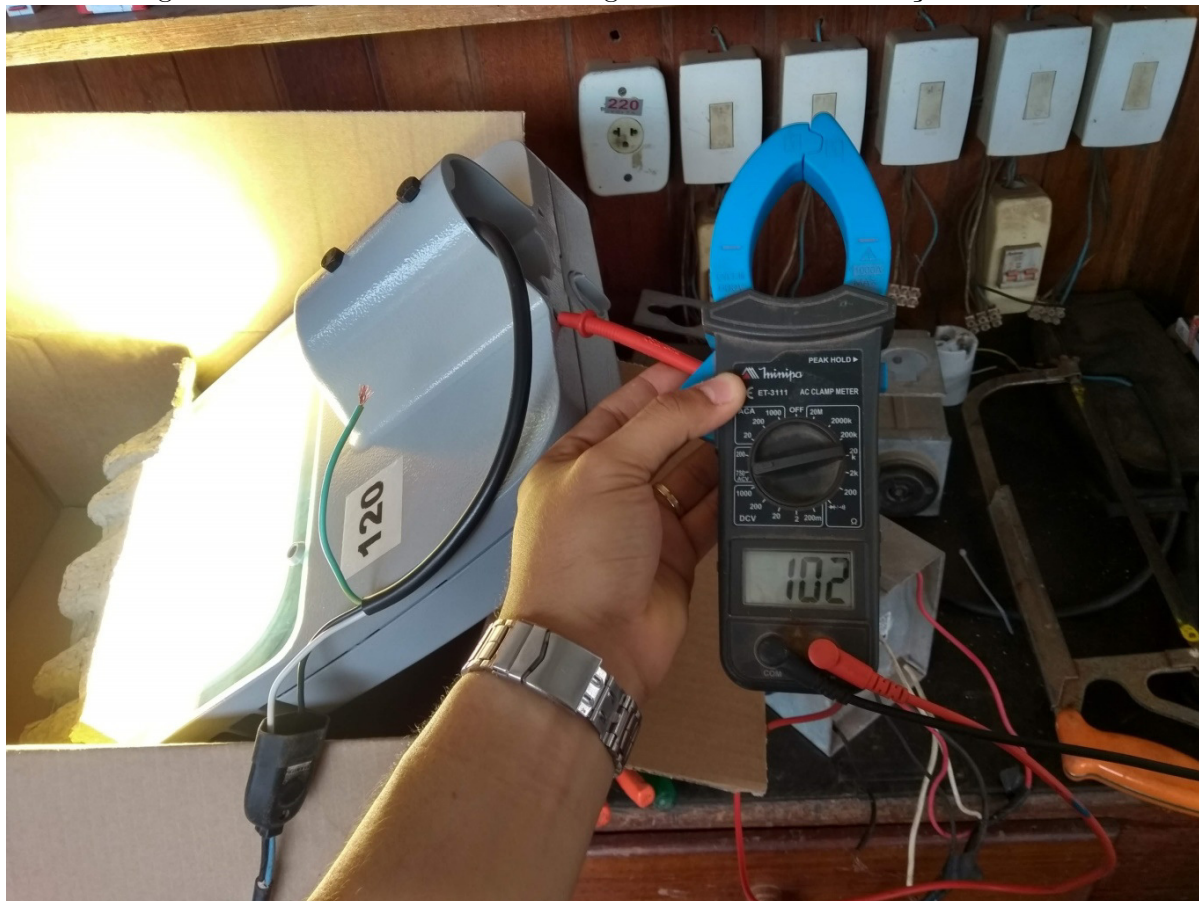
Recentemente, a FM Rodrigues que atua em diversos estados brasileiros, passou por um grande problema relacionado a falha de DPS em São Paulo – SP, onde possui mais de 120 mil luminárias de LED instaladas. Mais de 5 mil luminárias, que como indicativo de falha, permaneciam ligadas durante o dia tiveram que ter os DPS's substituídos por conta de oscilações de tensão provocadas por descargas atmosféricas no período chuvoso e que levaram a queima de tais dispositivos. O fabricante identificou que o tipo de DPS utilizado (topologia de alimentação em paralelo) era a principal causa da luminárias permanecerem ligadas após a queima do DPS, substituindo-os pelo modelo série como solução [21].

3.4.3. Fuga de corrente

Através de ocorrências de campo e testes realizados em bancada, a CITELUM notou que a maioria das luminárias LED utilizadas na IP no Maranhão, quando não estão bem aterradas (cabo de proteção firmemente conectado ao aterramento do circuito), apresentam fuga de corrente para as carcaças, o que as deixa energizadas com tensão suficiente para que o eletricitista que esteja manuseando a luminária sofra um choque elétrico com possibilidade de morte. Na Figura 3.1 abaixo, é possível constatar através de um multímetro uma tensão de

102 V em corrente alternada na carcaça de uma luminária LED Philips de 120 W, comumente usada nas ruas de São José de Ribamar.

Figura 3.1 – Teste em bancada de fuga de corrente em carcaça de luminária LED



Fonte: [22].

Ademais, se a carcaça da luminária estiver eletrificada, o contato com o braço metálico e com o poste (metálico ou de concreto), qualquer pessoa que passe e toque no poste, pode vir a sofrer um choque elétrico, principalmente em dias de chuva, o que deixa a resistência elétrica da estrutura menor (braços e posteamento).

Todas estas falhas apresentadas e muitas outras que poderão vir a ocorrer aumentam o custo de manutenção, pois necessitam de um tempo maior para serem analisadas e resolvidas, por se tratarem de falhas que não costumam acontecer com a iluminação tradicional que utilizam lâmpadas de descarga e consequentemente os eletricitistas de manutenção ainda desconhecem e necessitam muitas das vezes recolher a luminária para a empresa para que sejam mantidas em bancada e não em campo.

Capítulo 4

4. O MÉTODO UTILIZADO.

As ferramentas de gestão da qualidade a serem apresentadas no próximo capítulo foram aplicadas em um estudo de caso real do tipo pesquisa-ação. A pesquisa-ação é um tipo de pesquisa participante engajada, em oposição à pesquisa tradicional, que é considerada como “independente”, “não-reativa” e “objetiva”. Como o próprio nome já diz, a pesquisa-ação procura unir a pesquisa à ação ou prática, isto é, desenvolver o conhecimento e a compreensão como parte da prática. É, portanto, uma maneira de se fazer pesquisa em situações em que também se é uma pessoa da prática e se deseja melhorar a compreensão desta e que surgiu da necessidade de superar a lacuna entre a teoria e a prática [29].

Sendo assim, o autor deste trabalho participou ativamente das ações e processos abordados no estudo de caso. As etapas desta pesquisa-ação, assim como as ferramentas de gestão da qualidade utilizadas serão melhor abordadas no próximo capítulo, entretanto para melhor conhecimento sobre os envolvidos no processo, é mostrado abaixo o cronograma desenvolvido e seguido pelo autor do trabalho:

1. Junho/2018: Definição do estudo de caso.

Nesta etapa, o autor definiu qual seria o objeto de estudo, suas motivações, o método e as ferramentas que seriam aplicadas.

2. Junho/2018: Definição dos objetivos do estudo de caso.

Nesta etapa, o autor definiu qual seriam os objetivos a serem atingidos com a aplicação das ferramentas de gestão escolhidas.

3. Julho/2018: Coleta e análise de dados.

Nesta etapa, o autor coletou e analisou dados das empresas utilizadas como referência para implantação das ferramentas.

4. Agosto/2018: Mapeamento de processos e identificação dos pontos críticos.

Nesta etapa participaram o autor e também alguns líderes de processo para aumentar a visão acerca dos pontos críticos identificados.

5. Agosto/2018: Definição de causas raiz e testes de veracidade.

Nesta etapa também participaram o autor e vários líderes de processos, aumentando o nível de conhecimento e experiência compartilhada.

6. Agosto/2018: Elaboração do plano de ação .

Nesta etapa, o autor elaborou um plano de ação para redução dos pontos críticos identificados no processo. Este plano contém ações que foram aplicadas pelo mesmo e por alguns líderes de processos.

7. Agosto a novembro de 2018: Análise dos resultados encontrados.

Nesta etapa, o autor coletou e analisou todos os dados pertinentes ao processos, demonstrando-os em forma de gráfico para melhor compreensão dos resultados.

O autor participou de todas as etapas do estudo de caso, além de ter organizado diversas reuniões com os líderes envolvidos para desenvolvimento e retorno das ações elaboradas. Estas reuniões ocorreram semanalmente, sempre às segundas-feiras, exceto quando houve necessidade de realocá-las devido algum imprevisto, e eram feitas em forma de apresentação em que cada envolvido apresentava seus resultados em forma de *slide* projetados em tela branca ou com o uso de quadro branco. Além disso, todas as fotos e gráficos apresentados no próximo capítulo também foram desenvolvidos pelo autor do trabalho em conjunto com alguns colaboradores escolhidos.

Capítulo 5

5. GESTÃO DA INSTALAÇÃO, OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DE TECNOLOGIA LED NA ILUMINAÇÃO PÚBLICA.

A gestão dos recursos humanos e processos de uma empresa se faz extremamente importante para alcançar resultados significativos. Um bom gestor consegue gerenciar suas equipes disseminando a cultura de segurança, foco nos resultados e de melhorias contínuas. Melhorias estas, que significam o desenvolvimento de ações de mudanças, movimento decisivo rumo a níveis de desempenho nunca antes alcançados. As melhorias correspondem a ação dos gerentes no sentido de criar novos produtos, processos e mercados; reduzir custos, acidentes e absenteísmo; aumentar a produção, a qualidade e o lucro [23]. Neste capítulo, iremos abordar uma metodologia de gestão de todos os processos de implantação de tecnologia LED na iluminação pública da cidade de São José de Ribamar – MA, focando nos resultados que serão alcançados em benefício dos acionistas e da população local.

Para implantação da metodologia de gestão foi utilizado como estudo de caso o contrato nº 353/2016 firmado entre a empresa SJR ILUMINAÇÃO DO FUTURO SPE S/A e a Prefeitura Municipal de São José de Ribamar, cujo contrato tem duração de 15 anos a partir de novembro de 2016. A empresa em questão foi criada em caráter de sociedade pelas empresas CITELUM GROUPE EDF e FM Rodrigues e o contrato trata de uma Parceria Público-Privado (PPP), que tem como principal objetivo modernizar todo o parque de iluminação pública de São José de Ribamar – MA para LED, ou seja, a substituição total de 22.507 pontos luminosos (Figura 5.1).

Figura 5.1 – Luminária LED Philips BRP utilizada em SJR



Fonte: [24].

É importante ressaltar que apesar do contrato ter sido firmado em novembro de 2016, com a mudança na gestão da prefeitura municipal em janeiro de 2017, o atual prefeito não autorizou as atividades de modernização (LED) até novembro de 2017, quando foi dado início as obras de transposição do parque e que permanece em desenvolvimento.

5.1. Contextualização do problema

Relembrando, o contrato nº 353/2016 é uma PPP e este tipo de contrato geralmente tem pagamento fixo mensal, chamado de contraprestação. O valor pago de contraprestação pela prefeitura municipal à empresa vencedora da licitação, não custeia imediatamente o investimento no parque de iluminação pública, sendo assim os contratos chamados de investimentos de longo prazo, pois a empresa terá lucro somente alguns anos depois. Entretanto, por se tratar de um contrato longo, a empresa terá estabilidade, item muito importante para empresas que trabalham a serviço do poder público por meio de licitação, pois conseguem se manter por mais tempo no mercado. Assim, tanto o poder público (e a população) quanto a iniciativa privada se complementam, por isso o termo PPP.

No contrato o valor da contraprestação mensal não é totalmente fixo, 20 % é variável e depende de um conjunto de indicadores chamado de Sistema de Mensuração de Desempenho (SMD), que é uma forma da prefeitura mensurar e controlar a qualidade dos serviços prestados pela empresa. Em setembro de 2017 foi firmado um termo aditivo ao contrato nº 353/2016, para revisão de alguns itens do contrato e consequentemente do SMD. Dentre os itens está o indicador que se refere ao cronograma de modernização (Tabela 5.1), sendo possível perceber que é delimitado um prazo de 4 anos com o respectivo número de luminárias substituídas por ano até a conclusão com a troca das 22.507 luminárias.

Tabela 5.1 – Cronograma de modernização (transposição LED).

SUBSTITUIÇÃO DOS PONTOS EXISTENTES						
ANO 1			ANO 2	ANO 3	ANO 4	TOTAL
MÊS 10	MÊS 11	MÊS 12				
1400	1400	1401	5242	11564	1500	22507

Fonte: Adaptado de [25].

Uma vez que o primeiro ano do contrato já estava quase no fim, foi estabelecido que este ano (2017) contaria apenas com os meses de outubro, novembro e dezembro. Já os próximos anos encerrariam no mês de novembro, conforme assinatura do contrato, ou seja, novembro de 2018, 2019 e 2020 respectivamente. Outro indicador revisado foi o de protocolos de manutenção executados no prazo. A partir do momento de abertura de um protocolo pelo serviço de *call center* da empresa é delimitado um prazo de execução de 48 horas corridas para protocolos referentes a um ponto luminoso e 36 horas corridas para dois ou mais pontos luminosos. Assim, 98 % dos protocolos devem ser executados nestes prazos para que o indicador tenha pontuação máxima.

Desde o início do contrato, mesmo com todos os esforços e consequentes investimentos por parte da empresa contratada, a prefeitura municipal não cumpriu com obrigação estipulada em contrato, no que faz jus ao pagamento mensal da contraprestação, permanecendo em débito com a empresa. Somente em agosto de 2018 foi firmado um termo de ajuste do contrato para estabelecer um acordo de pagamento das parcelas atrasadas. Entretanto, como o SMD ainda não estava sendo contabilizado, foi estabelecido por parte da

prefeitura, duas metas que devem ser cumpridas pela a empresa para que o pagamento fosse realizado na totalidade.

A primeira meta era em relação aos protocolos de manutenção, que estavam bem abaixo do indicador estabelecido pelo SMD e que deveriam se adequar até o final de setembro (2018), ou seja, estar com 98 % dos protocolos executados no prazo até o dia 31/09/2018. A segunda meta era referente ao cronograma de modernização, pois mesmo com as obras de transposição LED avançando, o cronograma não estava sendo cumprido conforme termo aditivo, portanto foi estabelecida a meta de instalação de 9.443 luminárias LED referentes ao Ano 1 (4.201 pontos) e Ano 2 (5.242 pontos) até o dia 22/11/2018.

5.2. Objetivos do estudo de caso

Como base no cronograma previsto de instalação e obedecendo o aditivo e as premissas que foram acordadas, neste trabalho o estudo de caso aplicado a substituição da IP convencional para LED tem por objetivos:

- 1) Aumentar a porcentagem de protocolos de manutenção executados no prazo, que em julho de 2018 era de 56 %, para 98 % em 31/09/2018.
- 2) Aumentar a média de instalação de luminárias LED para uma taxa de 100 substituídas por dia, de modo a concluir a substituição de 9.443 luminárias convencionais em 22/11/2018 (até o final de julho de 2018 apenas 3.156 foram substituídas).

Para que essas etapas sejam obtidas a contento é necessário se planejar a instalação, operação e manutenção da IP para a cidade de São Luís e São José de Ribamar

5.3. Metodologia

Para cumprimento dos objetivos (metas) deste estudo de caso, foi elaborada uma metodologia de gestão através do uso de ferramentas da qualidade bastante conhecidas no ambiente corporativo. As ferramentas da qualidade são utilizadas para identificar os problemas presentes nos processos produtivos e na qualidade dos produtos acabados ou serviços, além de suportar na solução de tais desvios. Esse processo de identificação de

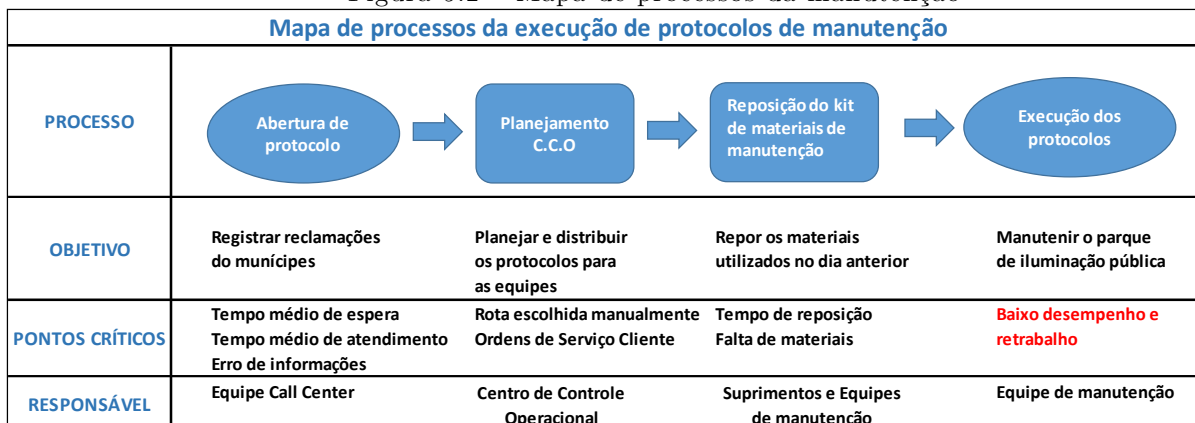
problemas ocorre em função da maior facilidade na coleta de informações, além da visualização desses resultados de forma estruturada e bem estabelecida [26].

As ferramentas de qualidade utilizadas neste estudo foram estruturadas na forma dos: Mapas de processos, uso de *brainstorming*, diagrama de Ishikawa (espinha de peixe), 5W2H e planos de ação de acompanhamento. É importante ressaltar que a análise de dados deste estudo de caso foi iniciada a partir do mês 11 do Ano 1 (Novembro de 2017), quando é dado início as obras de modernização, entretanto a aplicação da metodologia ocorre a partir de agosto de 2018, quando as metas foram estabelecidas através do termo de ajuste do contrato.

5.3.1. Identificação dos pontos críticos

A medida que as metas já foram definidas, a primeira ferramenta a ser aplicada é o mapeamento de processos para identificação de pontos críticos (“gargalos”) nos dois processos que influenciam nas mesmas, sendo eles o processo de execução de protocolos de manutenção e o processo de transposição LED.

Figura 5.2 – Mapa de processos da manutenção

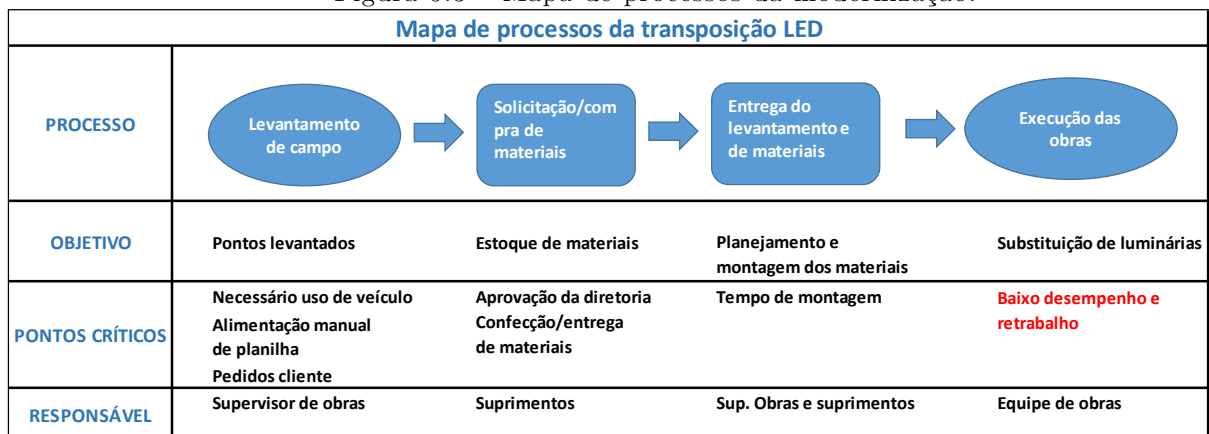


Fonte: Elaborado pelo autor.

Analisando todas as etapas do processo de manutenção assim como os dados envolvidos, foi possível apontar todos os pontos críticos do processo. Na abertura de protocolo, devido ao fato do serviço de *call center* ser terceirizado, os atendentes não conseguem tirar dúvidas com a equipe do Centro de Controle Operacional (CCO) e algumas vezes colocam informações erradas ou confusas nos protocolos, o que acaba dificultando a execução dos mesmos. No planejamento do CCO, a rota de execução é escolhida

manualmente por cada colaborador do turno, de acordo com o seu conhecimento sobre o mapa da cidade, o que pode atrasar a execução caso não seja bem planejado. Aliado a isso, o cliente (prefeitura municipal) envia diversos pedidos de execução (ordens de serviços) que não são contabilizados como protocolos executados. O tempo de reposição do kit de manutenção também influencia na quantidade de protocolos executados, uma vez que quanto mais tempo as equipes passam na empresa, menos tempo eles terão em campo. Entretanto, mesmo com todos os pontos críticos citados, é mostrado na Figura 5.2 que o ponto que mais se destacou e que será o objeto de estudo das causas raiz foi o baixo desempenho em campo das equipes e a quantidade de protocolos executados em retrabalho, uma vez que foi observado que algumas plaquetas (identificação do ponto luminoso) apareceram diversas vezes na lista de protocolos analisados.

Figura 5.3 – Mapa de processos da modernização.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Já em relação ao mapa de processos da modernização da Figura 5.3, o primeiro ponto crítico se dá pelo fato que a empresa não pode planejar uma melhor forma de fazer o levantamento de ruas e avenidas pensando na execução, já que o cliente é quem decide a ordem dos bairros que serão beneficiados, o que acaba influenciando no cronograma, pois muitas das vezes são bairros distantes e com luminárias de potências diferentes. Na etapa de solicitação e compra de materiais, o tempo de compra é influenciado pela aprovação da diretoria da empresa, uma vez que qualquer compra superior a R\$ 20.000,00 é sujeita a aprovação da mesma, o que torna o processo mais lento. Apesar da cidade de São José de Ribamar - MA ser um local de fim de frete, o que geralmente encarece e aumenta o tempo de

entrega, mas até então, os fornecedores estão conseguindo cumprir com os prazos acordados, principalmente porque a baixa execução da transposição deixa o consumo de materiais reduzido.

Tabela 5.2– Proposta de modernização por potência aprovada pela prefeitura municipal de SJR.

Lâmpada	Aplicação / Categoria Normativa	Luminária Proposta	Potência Luminária Proposta	Quantidade informadas
SODIO 70	Funcional V5	BRP220 LED39/NW 40W 220-240 DMB P1 SRG DRIVER DIMERIZAVEL - NEMA 7 PINOS	40	12265
SODIO 100	Funcional V5	BRP220 LED39/NW 40W 220-240 DMB P1 SRG DRIVER DIMERIZAVEL - NEMA 7 PINOS	40	467
SODIO 150	Funcional V4 2 faixas	BRP371 A LED 80-45/NW 68W NEMA 7 PINOS.	68	778
SODIO 250	Funcional V2	BRP394 A LED270/NW 211W 120-240V DM NEMA	211	448
SODIO 250	Funcional V2	BRP371 A LED135-3S/NW 133W DME NEMA	133	31
SODIO 250	Funcional V3	BRP371 A LED87-3S/NW 86W DME NEMA	86	869
SODIO 250	Funcional V3	BRP371 A LED122-3S/NW 120W DME NEMA	120	125
SODIO 250	Funcional V3	BRP394 A LED174/NW 129W 120-240V DM NEMA	129	859
SODIO 250	Funcional V3	BRP394 LED270/NW 211W 220-277V DM	211	211
SODIO 250	Funcional V4 3 faixas	BRP371 A LED87-3S/NW 86W DME NEMA	86	151
SODIO 400	Funcional V2	BRP394 A LED270/NW 211W 120-240V DM NEMA 07 PINOS	211	496
SODIO 400	Funcional V2	BRP394 A LED270/NW 211W 120-240V DM NEMA 07 PINOS	211	222
SODIO 1000	Projeção	BVP283 A LED346/740 287W SWB	287	2
MERCURIO 80	Funcional V5	BRP220 LED39/NW 40W 220-240 DMB P1 SRG DRIVER DIMERIZAVEL - NEMA 7 PINOS	40	4278
MERCURIO 125	Funcional V5	BRP220 LED39/NW 40W 220-240 DMB P1 SRG DRIVER DIMERIZAVEL - NEMA 7 PINOS	40	70
MERCURIO 250	Funcional V4 2 faixas	BRP371 A LED 80-45/NW 68W NEMA 7 PINOS.	68	167
MERCURIO 400	Funcional V4 3 faixas	BRP371 A LED87-3S/NW 86W DME NEMA	86	350
METÁLICO 70	Praças e Parques	BRP220 LED39/NW 40W 220-240 DMB P1 SRG DRIVER DIMERIZAVEL - NEMA 7 PINOS	40	2
METÁLICO 150	Praças e Parques	BRP220 LED39/NW 40W 220-240 DMB P1 SRG DRIVER DIMERIZAVEL - NEMA 7 PINOS	40	136
METÁLICO 250	Praças e Parques	BVP381 LED120/NW 100W 220-240V SWB GM	100	236
METÁLICO 400	Praças e Parques	BVP382 LED180/NW 150W 220-240V SWB	150	101
METÁLICO 1000	Projeção	BVP283 A LED346/740 287W SWB	287	25
INC/MISTA	Praças e Parques	BRP220 LED39/NW 40W 220-240 DMB P1 SRG DRIVER DIMERIZAVEL - NEMA 7 PINOS	40	118
FLUORESCENTES	Outros	MPA 30 9,5-70W220	9,5	9
DESCONHECIDO	Outros	MPA 30 9,5-70W220	9,5	91
TOTAIS				22507

Fonte: Adaptado de [25].

A Tabela 5.2 acima mostra a proposta de modernização aprovada pelo cliente para substituição de luminárias convencionais por luminárias LED equivalentes. Nela, é possível perceber que a maior parte do parque de iluminação pública de São José de Ribamar é formada por lâmpadas de vapor de sódio 70 W e vapor de mercúrio 80 W, exatamente 16.543 lâmpadas ou 73,5 % do parque. Estas, em sua grande maioria, estão em luminárias abertas com braços de 1000 mm chamadas de X-21 (Figura 5.4) em que não é possível reaproveitar o braço, uma vez que o conjunto braço/luminária é fixo, além de possuir um tubo de pequena chapa que não suportaria o peso da luminária de LED. Sendo assim, para estes casos, é necessário fazer a substituição total do conjunto braço/luminária, o que requer maior tempo de montagem dos mesmos. Para os casos em que a luminária convencional é fechada, com

braços de 2000, 2500, 3000 e 4500 mm é necessário substituir apenas a luminárias, basta que o braço esteja em condições de uso, ou seja, a galvanização esteja boa e sem pontos críticos de oxidação.

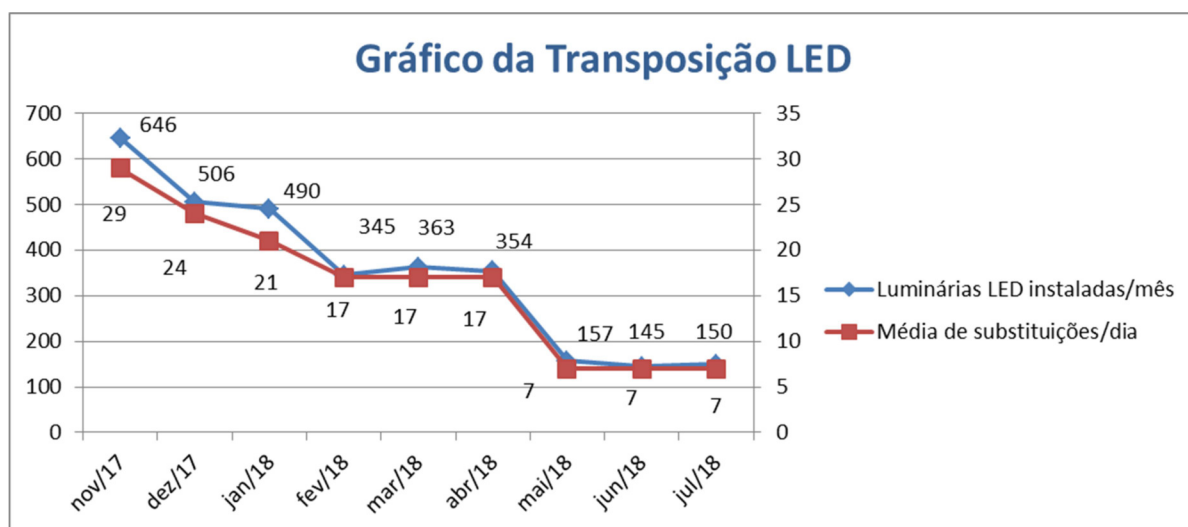
Figura 5.4 – Luminária aberta modelo X-21 com tecnologia defasada.



Fonte: [27].

Assim como no processo de manutenção, o ponto crítico que mais se destacou, no ponto de vista do autor e dos líderes de processo envolvidos, e que precisa ser investigado a fundo no processo de modernização foi o baixo desempenho das equipes de obras, ou seja, a baixa quantidade de luminárias LED substituídas diariamente e o retrabalho, uma vez que após a execução, o inspetor de ronda vinha detectando diversas luminárias recém instaladas com falhas, geralmente apagadas durante a noite ou acesas durante o dia. O baixo desempenho das equipes de obras é mostrado no Gráfico 5.1 abaixo, em que se pode observar que iniciou com uma média de instalação de 29 luminárias por dia em novembro de 2017 e em maio de 2018 a média de instalação já havia caído para 7 luminárias instaladas por dia, permanecendo assim até julho.

Gráfico 5.1– Modernização pré-metodologia.

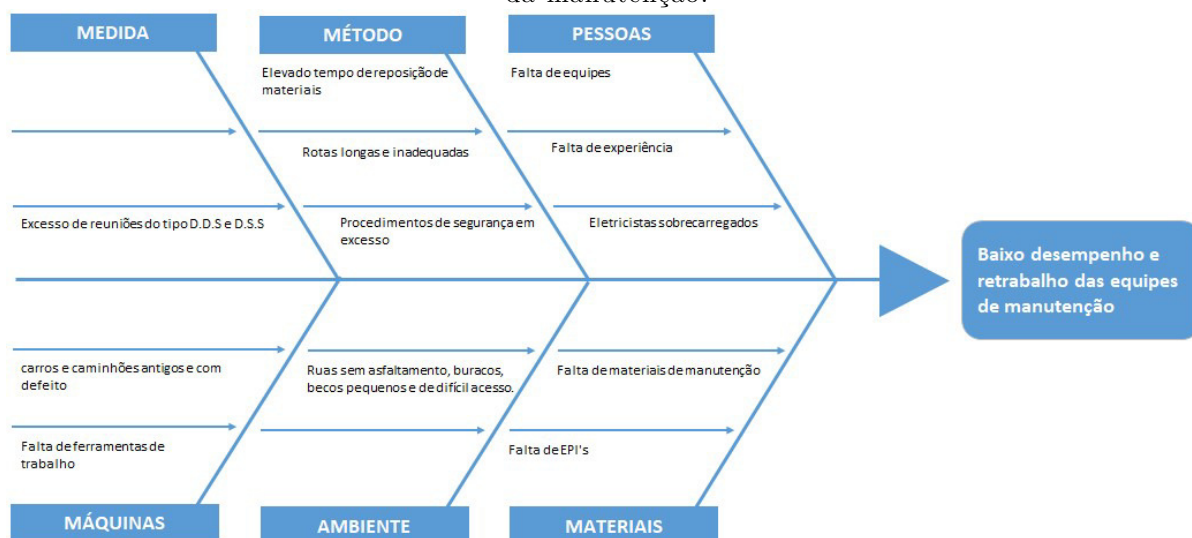


Fonte: Elaborado pelo autor.

5.3.2. Definição das causas raiz e testes de veracidade

Tendo como base os pontos críticos apontados no mapeamento de processos, estes foram colocados no diagrama de Ishikawa, também conhecido por diagrama espinha de peixe ou causa e efeito. O diagrama tem como objetivo, apontar as causas raiz ou suspeitas que estão contribuindo para o efeito estudado. Através da ferramenta de qualidade chamada *brainstorming* ou literalmente “tempestade cerebral”, foi possível alavancar diversas causas suspeitas que posteriormente foram testadas através de uma ferramenta derivada do 5W2H e que basicamente tem como objetivo testar a veracidade destas causas e se de fato estão contribuindo para o efeito estudado.

Figura 5.5 – Diagrama de Ishikawa para busca das causas suspeitas do desempenho da manutenção.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Na Figura 5.5 acima, é possível perceber que doze causas foram estabelecidas como suspeitas de contribuir com o baixo desempenho e retrabalho das equipes de manutenção. Três estão relacionadas a pessoas, duas a materiais, três aos métodos, uma ao ambiente, uma a medida e duas as máquinas. Todas as causas foram testadas conforme é mostrado na Tabela 5.3 abaixo.

Tabela 5.3 – Teste de veracidade das causas suspeitas do desempenho da manutenção

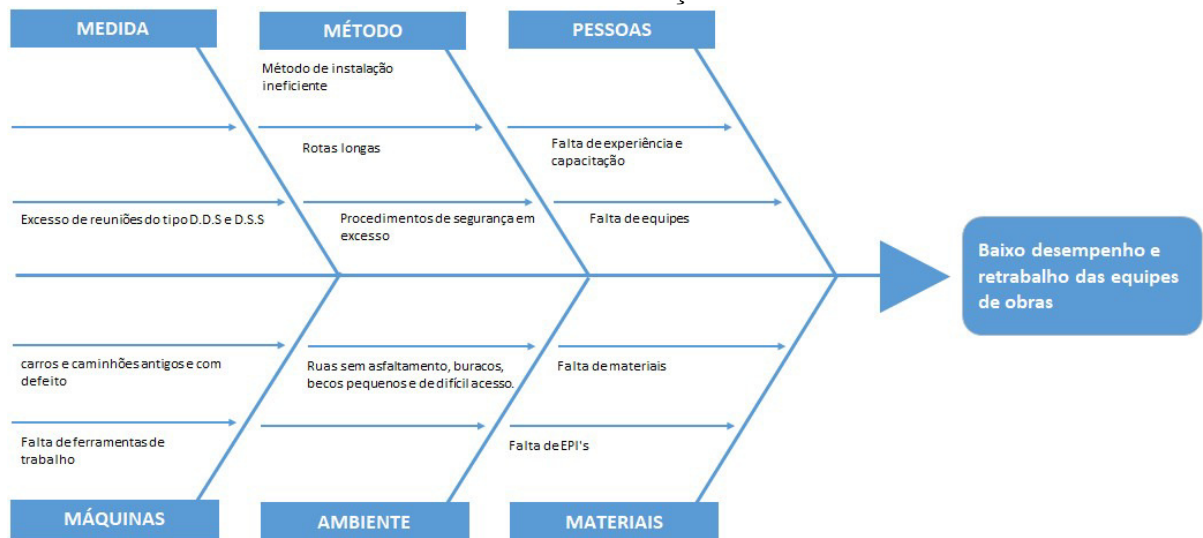
Item	Causa Suspeita	Ação	Responsável	Setor	Prazo	Achado
1	Falta de equipes	Verificar se o número de protocolos está adequado para o número de equipes	Hamilton	C.C.O.	09/08/2018	Verdadeiro. Equipes de manutenção ficaram sobrecarregadas a partir de maio/18.
2	Falta de experiência	Realizar testes práticos com auxiliares e eletricitistas	André/Jaime	Gerência/C.M.O.	05/08/2018	Verdadeiro. Auxiliares não tem prática, pois não são autorizados a subir no poste. Ambos não possuem experiência com luminárias LED.
3	Eletricistas sobrecarregados	Realizar reunião com as equipes	André	Gerência	05/08/2018	Verdadeiro. As equipes são formadas por um auxiliar e um eletricitista, mas somente o eletricitista é autorizado a subir no poste e executar a atividade.
4	Falta de materiais de manutenção	Verificar consumo de materiais de manutenção e estoque	Antônio	Suprimentos	09/08/2018	Falso. Baixo consumo e estoque suficiente
5	Falta de EPI's	Verificar consumo de EPI's e estoque	Antônio	Suprimentos	09/08/2018	Falso. Estoque de EPI's suficiente.
6	Elevado tempo de reposição de materiais	Verificar tempo de permanência das equipes no canteiro	Jaime	C.M.O	09/08/2018	Verdadeiro. As equipes terminam a reposição de material e ficam conversando no canteiro.
7	Rotas longas e inadequadas	Verificar processo de escolha das rotas com o CCO	André	Gerência	05/08/2018	Verdadeiro. Escolha da rota depende de cada colaborador do CCO e do seu respectivo conhecimento sobre o mapa da cidade.
8	Procedimentos de segurança em excesso	Realizar reunião com as equipes	André	Gerência	05/08/2018	Falso. Procedimentos de segurança necessários e suficientes.
9	Ruas sem asfaltamento, buracos, becos pequenos e de difícil acesso	Realizar reunião com as equipes	André	Gerência	05/08/2018	Verdadeiro. As ruas de Ribamar são precárias.
10	Excesso de reuniões do tipo D.D.S e D.S.S	Verificar tempo das reuniões	Albergildo	Segurança do Trabalho	09/08/2018	Falso. Tempo médio dos diálogos de segurança é de apenas 15 minutos.
11	Carros e caminhões antigos e com defeito	Verificar estado de uso dos carros da empresa	Cristiania	Frota	09/08/2018	Verdadeiro. Frota terceirizada, antiga e precária.
12	Falta de ferramentas de trabalho	Vericar estado de uso das ferramentas das equipes	Antônio	Suprimentos	09/08/2018	Falso. Equipes possuem todas as ferramentas necessárias.

Fonte: Elaborado pelo autor.

As causas suspeitas geraram ações e responsáveis de modo a testar sua veracidade. Das doze causas, sete foram apontadas como verdadeiras e serão abordadas de melhor forma no próximo tópico. Já em relação ao diagrama de Ishikawa do desempenho das equipes de obras, foram apontadas onze causas suspeitas para o baixo rendimento, conforme mostra a Figura 5.6. Uma vez que o parque de iluminação pública é o mesmo, as causas apontadas são parecidas, mas inerentes as suas atividades. É importante ressaltar que foi verificado que as equipe de manutenção ficaram sobrecarregadas a partir de maio de 2018 (item 1 da Tabela 5.3), pois as equipes de obras eram terceirizadas até abril de 2018, entretanto por uma decisão da diretoria da empresa para redução de custos, o contrato com a empresa terceirizada “NR Silva” foi cancelado e uma parte da equipe de manutenção passou a realizar a modernização para que esta não fosse paralisada. Isto também pode ser verificado analisando o Gráfico 5.1 da transposição LED, onde ocorre uma redução drástica na

quantidade de luminárias de LED instaladas no parque a partir de abril, já que houve mudança e redução nas equipes de obras.

Figura 5.6 – Diagrama de Ishikawa para busca das causas suspeitas do desempenho da modernização



Fonte: Elaborado pelo autor.

Da mesma forma que foi feita com as causas suspeitas da manutenção, foi gerada ações e responsáveis para determinar se as causas apontadas influenciam no baixo desempenho das equipes de obras, conforme pode ser observado na Tabela 5.4 abaixo. Entre as onze causas apontadas, seis foram verificadas como verdadeiras e influenciam significativamente no efeito estudado. No próximo tópico, iremos abordar a aplicação da ferramenta 5W2H que gerou o plano de ação que irá minimizar ou extinguir tais causas.

Tabela 5.4 – Teste de veracidade das causas suspeitas do desempenho da modernização.

Item	Causa Suspeita	Ação	Responsável	Setor	Prazo	Achado
1	Falta de equipes	Verificar se o número de equipes da terceirizada estava conforme acordado em contrato	Isaque	C.M.O.	09/08/2018	Verdadeiro. Foi acordado que seriam 3 equipes de obras da terceirizada, mas constantemente estas estavam sendo relocadas para outros contratos da mesma.
2	Falta de experiência e capacitação	Acompanhar execução e verificar velocidade de instalação	André/Isaque	Gerência/C.M.O.	05/08/2018	Verdadeiro. A terceirizada, assim como as equipes próprias, não tinham experiência com obras de LED e a instalação era feita lentamente.
3	Método de instalação ineficiente	Acompanhar execução e verificar método de instalação	André/Isaque	Gerência/C.M.O.	05/08/2018	Verdadeiro. Método de instalação ineficiente sem substituição e reaproveitamento do conjunto braço/luminária. Luminária não é testada após instalação.
4	Falta de materiais para modernização	Verificar consumo de materiais da modernização e estoque	Antônio	Suprimentos	09/08/2018	Falso. Baixo consumo e estoque suficiente
5	Falta de EPI's	Verificar consumo de EPI's e estoque	Antônio	Suprimentos	09/08/2018	Falso. Estoque de EPI's suficiente.
6	Rotas longas	Verificar levantamento dos bairros escolhidos pelo cliente	André	Gerência	05/08/2018	Verdadeiro. Cliente não se importa com a execução, apenas com os interesses políticos da modernização.
7	Procedimentos de segurança em excesso	Realizar reunião com as equipes	André	Gerência	05/08/2018	Falso. Procedimentos de segurança necessários e suficientes.
8	Ruas sem asfaltamento, buracos, becos pequenos e de difícil acesso	Realizar reunião com as equipes	André	Gerência	05/08/2018	Verdadeiro. As ruas de Ribamar são precárias.
9	Excesso de reuniões do tipo D.D.S e D.S.S	Verificar tempo das reuniões	Isaque	C.M.O.	09/08/2018	Falso. Verificou-se que é feito apenas o Diálogo Semanal (D.S.S.) de Segurança com a terceirizada e o tempo médio é de apenas 15 minutos.
10	Carros e caminhões antigos e com defeito	Verificar estado de uso dos carros da terceirizada	Cristiania	Frota	09/08/2018	Falso. Carros e caminhões novos e em perfeitas condições de uso
11	Falta de ferramentas de trabalho	Vericar estado de uso das ferramentas das equipes	Antônio	Suprimentos	09/08/2018	Verdadeiro. Não existe ferramenta para testes das luminárias após instalação

Fonte: Elaborado pelo autor.

5.3.3. Plano de ação para redução dos pontos críticos dos processos

Depois de testadas todas as causas suspeitas e verificadas quais estavam de fato influenciando nos pontos críticos do processo, foi gerado um plano de ação comum para todas as causas de manutenção e modernização através da ferramenta 5W2H. O nome desta ferramenta vem do inglês e significa “O que? (What?)”, “Por quê? (Why?)”, “Onde? (Where?)”, “Quando? (When?)”, “Quem? (Who?)”, “Como será? (How?)” e “Quanto custará? (How much?)”. Ela basicamente tem a função de gerar ações para reduções de causas, apontando responsáveis, métodos, prazos e custos ao longo do processo.

Tabela 5.5 – Plano de ação 5W2H para redução das causas e atingimento das metas estabelecidas.

5W					2H		Status
O quê? (What?)	Por quê? (Why?)	Onde? (Where?)	Quem? (Who?)	Quando? (When?)	Como? (How?)	Quanto custa? (How much?)	
Paralisar a execução das obras de LED com as equipes de manutenção, deixando as 4 equipes apenas com execução de protocolos.	As 2 equipes que ficaram executando os protocolos estavam sobrecarregadas	Email / Telefone	André	15/08/2018	Reunião com a Gerente Geral (Tatiana Leite) de São Paulo para expliação do problema e autorização.	Sem custos	✓
Realizar treinamento de capacitação com todo corpo operacional	As equipes não possuem conhecimento sobre luminárias LED e portanto não sabem como fazer a manutenção das mesmas	Via Skype / Sala de treinamento	André / Jaime	31/08/2018	Realizar treinamento com o engenheiro responsável da Philips e replicar aos colaboradores operacionais	Sem custos	✓
Promover auxiliares à eletricitas (4 colaboradores)	Para que as equipes sejam formadas apenas por eletricitas, dividindo assim as tarefas ao mesmo tempo que todos ganham experiência	Sala da gerência	André / Cristiania	31/08/2018	Reunião com a Gerente Geral (Tatiana Leite) de São Paulo para expliação do problema.	R\$ 4.958,24 / mês	✓
Realizar reunião com as equipes para relatar e solucionar o problema.	As equipes estão perdendo muito tempo de trabalho com conversas desnecessárias no canteiro	Sala de treinamento	Jaime	17/08/2018	Conversando e mostrando vídeos das câmeras de segurança	Sem custos	✓
Verificar com TI a possibilidade de realizar a rota pelo sistema.	Para que trace a rota via GPS otimizando o tempo de execução	Email / Telefone	André	31/08/2018	Solicitando a inclusão dessa função para a área de TI	Sem custos	✗
Solicitar aquisição de frota operacional própria	Os veículos terceirizados são antigos e precários. Quebram com facilidade e dão prejuízo em manutenção e HH parado.	Sala da gerência	André / Tatiana	15/11/2018	Reunião com a Gerente Geral (Tatiana Leite) de São Paulo para expliação do problema.	R\$ 421.563,30	✓
Solicitar a contratação de empresa terceirizada para transposição de LED mais experiente e com maior número de equipes	Dedicação exclusiva para a modernização de Ribamar. Experiência na aplicação de LED e método mais eficiente.	Sala da gerência	André / Tatiana	31/08/2018	Reunião com a Gerente Geral (Tatiana Leite) de São Paulo para expliação do problema.	R\$ 1.257.815,00	✓
Solicitar ao cliente a lista de bairros a serem modernizados por ordem de prioridade	Para planejar a aquisição de materiais e execução das atividades	SEMOSP	André	17/08/2018	Por meio de carta protocolada na secretaria municipal de obras e serviços públicos de SJR	Desprezível	✓
Desenvolver ferramenta para testes das luminárias de LED após instalação	As luminárias de LED não estavam sendo testadas e consequentemente as falhas não eram vistas, causando retrabalho	Bancada de testes	Isaque / Jaime	31/08/2018	Brainstorming	Desprezível	✓

Fonte: Elaborado pelo autor.

Enfim, após todo o estudo de análises de causas e efeitos e testes de veracidade, foi gerado um plano de ação em modelo 5W2H para redução das causas descobertas e atingimento das duas metas estabelecidas no item 5.2. Entretanto, antes de discorrer sobre o plano de ação gerado, se faz necessário informar que durante o processo de análise de dados e de aplicação do plano de ação, a diretoria das duas empresas, CITELUM e FM Rodrigues, estavam em negociação para desfazer a sociedade na empresa SJR Iluminação do Futuro SPE S/A. Basicamente, a CITELUM estava insatisfeita com o prejuízo gerado ao longo dos meses pela falta de pagamento do poder público e não tinha mais interesse em investir no contrato. Após a negociação, a CITELUM vendeu sua parcela na sociedade para a FM Rodrigues e

esta assumiu completamente o controle da SPE e consequentemente o contrato 353/2016 com a prefeitura municipal de São José de Ribamar.

É interessante o conhecimento sobre esta saída da CITELUM da sociedade, pois antes era a CITELUM que tinha o controle operacional da SPE e a diretoria desta não era suscetível a investimentos, o que tornaria a aplicação das ações do plano muito mais difícil. Esta aversão a investimentos provavelmente está ligada a fato de ser uma empresa estrangeira e que possui grande número de membros com pensamentos diferentes na Alta Direção. A FM Rodrigues só possui um diretor, sendo este o dono da empresa, conhecido por dizer que se deve investir para resolver.

Assim, o primeiro passo da implantação das ações geradas pelo plano foi solicitar uma reunião com a gerente geral, sendo ela a responsável na matriz pelos contratos de São José de Ribamar – MA, Manaus – AM, Fortaleza – CE e São Paulo – SP. Em reunião com a gerente geral, foi mostrado as dificuldades que as oito equipes de manutenção estavam tendo com a divisão entre instalação de luminárias LED e execução de protocolos e esta permitiu o retorno *full time* das equipes para a execução de protocolos. Outro item decidido e autorizado na própria reunião foi a promoção de todos os quatro auxiliares de eletricista para eletricitas, permitindo que os mesmos também executassem as atividades inerentes ao trabalho, podendo dividir tarefas com seus respectivos parceiros, adquirindo também conhecimento e experiência.

Dois itens sofreram bastante resistência por conta do alto investimento, a aquisição de frota própria e a contratação de uma nova empresa para execução da modernização. Em relação a frota própria, foi mostrado o alto custo de manutenção e aluguel dos carros terceirizados, cerca de R\$ 35.000,00 por mês, e a quantidade de dias que as equipes ficavam paradas quando os carros estavam na oficina, em média 2 dias por equipe no mês. Foi mostrado também que a empresa local não possuía experiência com aplicação de LEDs e que esta também não dava total prioridade a modernização de Ribamar. No fim, a gerente geral decidiu por diminuir a frota para dois carros em vez de três e providenciar a compra de um novo caminhão cesto e um carro menor de modelo Hilux com cesto acoplado para locais de difícil acesso, conforme é mostrado na Figura 5.7 abaixo.

Figura 5.7 – Nova frota própria de iluminação pública de SJR.



Fonte: [25]

Em relação a empresa terceirizada, foi decidida a vinda de uma empresa terceirizada de São Paulo chamada Linha Empresarial para fazer a modernização do parque de Ribamar. Esta empresa possui larga experiência na transposição de luminárias LED e um método extremamente eficiente de substituição, uma vez que as luminárias e braços são montados em canteiro, e em campo todo conjunto braço/luminária é substituído, reaproveitando o braço em novas instalações. Esta forma de substituição se torna mais eficiente haja vista que se torna muito mais prático e rápido de montar o conjunto braço/luminária com todas as ligações elétricas em canteiro, na sombra e desenergizado do que trabalhar em altura com poste energizado e com o calor produzido pelo sol no período diurno.

Figura 5.8 – Conjunto braço/luminária LED montada em canteiro.



Fonte: [25].

Foi realizado um treinamento via Skype com o engenheiro Rafael Makiyama, responsável pela área de problemas técnicos da Philips Lighting em São Paulo para entendimento dos circuitos internos das luminárias LED e consequente manutenção quando necessário. Este treinamento foi replicado de forma teórica e prática para todos os colaboradores operacionais da empresa para aprofundar o conhecimento sobre a nova tecnologia. Aproveitando o treinamento, foi reforçado o tempo gasto pelas equipes com conversas paralelas dentro do canteiro, o que estava impactando em quase uma hora de trabalho por dia.

Outra ação interessante de se comentar foi a ferramenta de teste de luminária desenvolvida pelo supervisor de obras Isaque Câmara. As equipes reclamavam que não conseguiam testar as luminárias quando usavam o carro porta-escadas para instalar as luminárias, pois não conseguiam alcançar o topo após a instalação e cobrir o relé para que o mesmo disparasse e ligasse a mesma, testando assim se estava funcionando ou não. Isaque desenvolveu uma vara não condutora com um fio não condutor e um copo na ponta, de modo que a equipe “pescava” o relé e conseguia realizar o teste.

A última ação concluída foi a solicitação para o cliente de uma lista de bairros para instalação dos LED's em ordem de prioridade, para que houvesse tempo hábil para planejamento da execução e principalmente a compra dos materiais a serem utilizados. A única ação cancelada do plano foi a inserção no sistema de uma função de geração de rotas para execução de protocolos via Geolocalização, uma vez que todos os pontos luminosos cadastrados são georeferenciados. Entretanto, a área de TI informou que isso não seria possível no sistema utilizado. Felizmente, a diretoria da empresa decidiu por conta própria comprar um novo sistema para ser utilizado em Ribamar e este extinguiu o uso de protocolos em papel. Desde outubro de 2018 todas as equipes usam *smartphones* com o novo sistema (Figura 5.9), onde os protocolos são baixados e finalizados diretamente no celular e o próprio sistema gera a rota do dia baseado na localização dos pontos, otimizando o processo.

Figura 5.9 – Tela do smartfone com o novo sistema utilizado na SPE

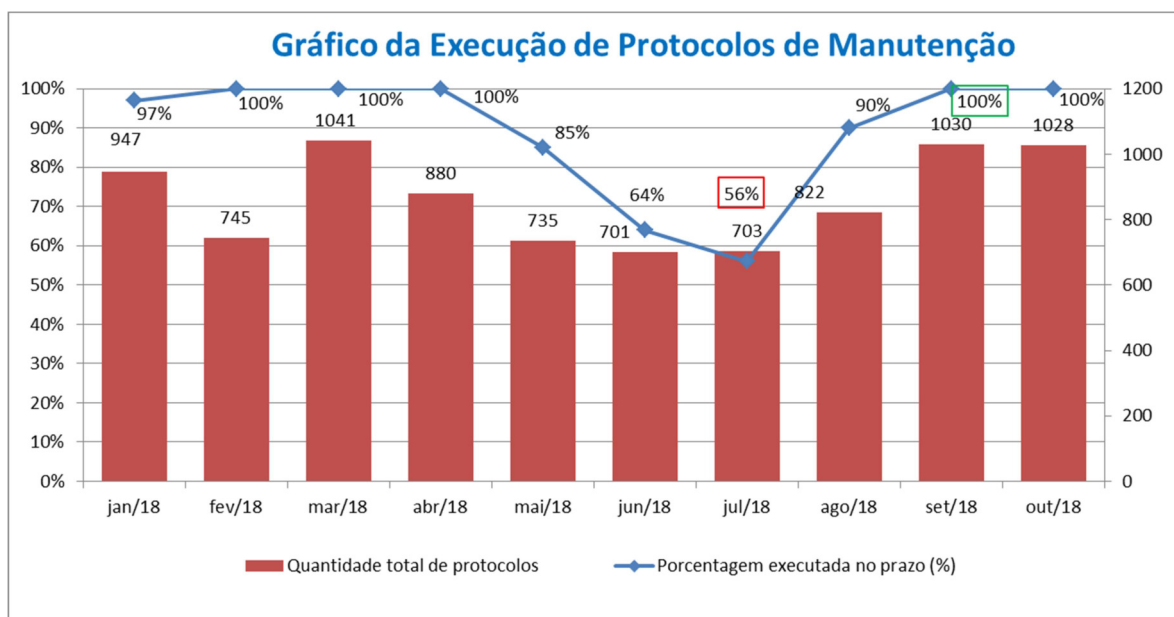


Fonte:[25].

5.4. Resultados alcançados

A primeira meta era de aumentar a porcentagem de protocolos executados no prazo para 98 % até o final de setembro de 2018 já que houve uma queda brusca na execução a partir de abril, conforme é mostrado na Gráfico 5.2 abaixo.

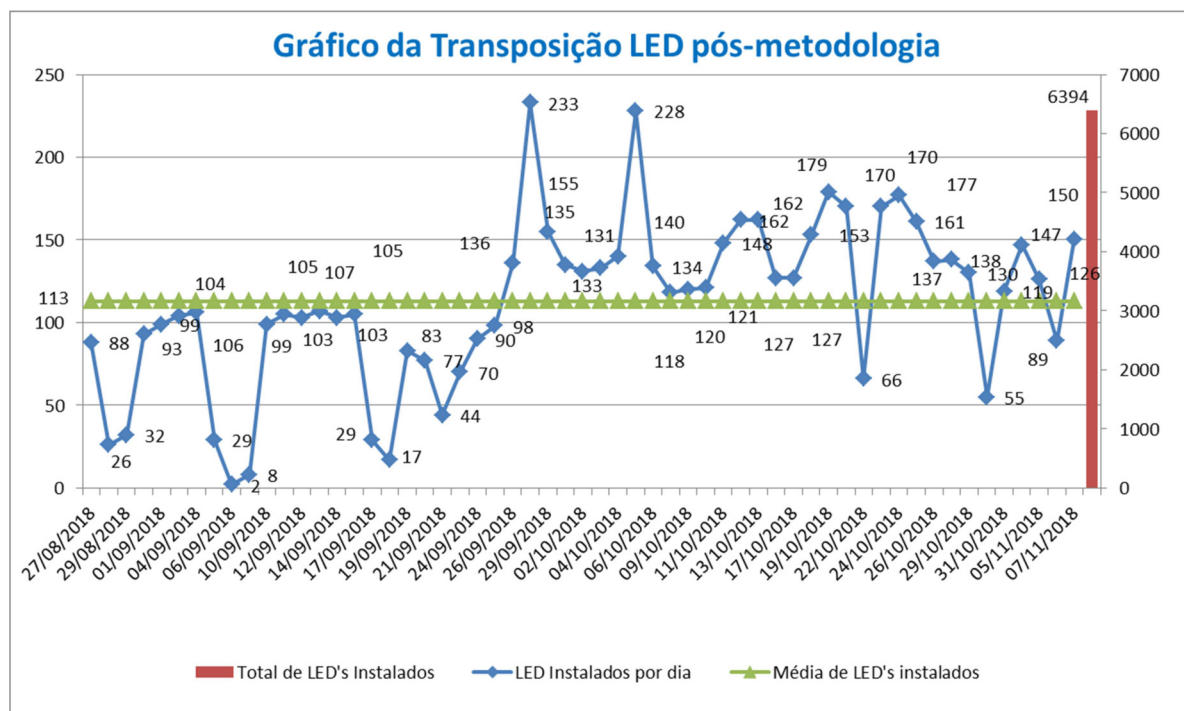
Gráfico 5.2 - Gráfico de execução de protocolos antes e depois da metodologia.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Sabe-se que o principal motivo dessa queda foi sobrecarga das equipes de manutenção na execução da transposição LED, entretanto não se podem desprezar as outras causas. A meta estipulada pelo cliente se deu pelo fato que em julho a porcentagem de execução no prazo chegou a 56 %, algo extremamente preocupante para o mesmo e por isso está marcado em vermelho no gráfico. Com a aplicação do plano de ação a partir de agosto, percebe-se um aumento significativo ainda no mesmo mês, atingindo a marca de 90 % de protocolos executados no prazo. Sendo assim, em setembro a meta conseguiu se atingida e até ultrapassada, com a marca de 1030 protocolos gerados e 100 % atendidos no prazo, marcado no gráfico em verde.

Gráfico 5.3 – Gráfico da modernização pós-metodologia.



Fonte: Elaborado pelo autor.

A meta da modernização era a substituição de 9.443 luminárias até o dia 22/11/2018, quando se completa o final do Ano 2 do contrato nº 353/2016. Quando o plano de ação começou a ser aplicado em agosto, o parque já contava com 3.156 luminárias LED, pois as obras foram iniciadas em novembro de 2017. Sendo assim, ainda restavam 6.287 luminárias a serem substituídas em um período de 65 dias úteis, para isso foi calculada uma meta de 100 luminárias a serem substituídas por dia para a meta geral ser cumprida. Analisando o Gráfico

5.3, percebe-se que a linha azul representa a quantidade de luminárias substituídas por dia e esta já inicia no dia 27/08/2018 com 88 instalações, ou seja, maior que a média de instalação/dia do mês anterior mostrada no Gráfico 5.1, que era de 7 instalações. Já a linha verde representa a média de instalação geral, sendo esta de 113 instalações/dia, ou seja, maior que a meta calculada que era de 100 instalações. Sendo assim, conforme mostra o Gráfico 5.3, 15 dias antes do prazo, no dia **07/11/2018** a meta foi alcançada, pois no período entre 27/08/2018 a 07/11/2018, 6.394 luminárias de LED foram instaladas no parque de iluminação pública de São José de Ribamar, somando-se esta quantidade as 3.156 luminárias que já haviam sido instaladas, totalizamos 9.550 luminárias substituídas.

Capítulo 6

6. CONCLUSÃO

O objetivo desta dissertação foi mostrar todas as etapas do processo de implantação de tecnologia LED na iluminação pública de uma cidade, não se limitando somente a discorrer sobre as vantagens deste tipo de tecnologia, como observado em muitos trabalhos das referências bibliográficas, talvez por não possuírem experiência prática com esta tecnologia. Acredita-se que este objetivo foi alcançado, mesmo com a dificuldade na obtenção dos dados utilizados no trabalho, uma vez que a mudança na diretoria da empresa impactou na disponibilização dos dados.

É fato que o uso de tecnologia LED apresenta diversas vantagens, principalmente no que diz respeito à eficiência energética e qualidade de vida da população, particularmente ao conforto visual, turismo e segurança, mas associado a isto vem diversas situações e problemas na implantação e manutenção, que precisam ser entendidos e resolvidos por se tratar de uma tecnologia nova e sem muitas empresas que possuem experiência na área.

O poder público municipal, de maneira geral, ainda possui muita resistência em relação ao uso desta nova tecnologia, principalmente pelo investimento inicial ser muito alto. É por isso que as empresas privadas vêm incentivando seus clientes públicos a criarem licitações no modelo de PPP, pois o investimento é pago ao longo de vários anos e inicialmente o maior custo é pago pela iniciativa privada. Neste tipo de licitação geralmente as empresas privadas entram em sociedade, montando consórcios para concorrerem juntas, haja vista que o “*know how*” requisitado pelo poder público é muito extenso e atingido somente desta forma, além do fato que os custos de investimento também passam a ser divididos.

Percebeu-se também, a grande interferência política acerca das ações tomadas na implantação de tecnologia LED na iluminação pública, uma vez que por mais que a empresa tenha feito um plano de modernização pensando na logística de implantação e visando a

redução de tempo e custos operacionais, o cliente público interferiu nas decisões visando somente a arrecadação de votos das áreas que foram e serão substituídas.

A gestão da implantação, operação e manutenção da nova tecnologia LED na iluminação pública foi aplicada em um estudo de caso real para dar mais credibilidade ao trabalho, além de mostrar exemplos reais ocorridos no processo. Felizmente, as ações geradas pela metodologia apresentaram 100 % de eficácia no que diz respeito às metas estipuladas. Entretanto, não podemos descartar a melhoria contínua do processo de gestão, já que novas situações são apresentadas todos os dias, necessitando assim de novas análises e ações.

Recentemente, já no final deste trabalho, a diretoria da empresa FM Rodrigues, estipulou uma nova meta para a gerência da empresa SJR Iluminação do Futuro SPE S/A, modernizar toda a cidade de São José de Ribamar em 28/02/2019, ou seja, instalar 22.507 pontos de LED em toda a cidade até esta data. Se isto acontecer até fevereiro, Ribamar será a primeira cidade brasileira com mais de 100 mil habitantes a ter 100% de tecnologia LED na iluminação pública. Este será um fato histórico e de grande importância para a população ribamarense e maranhense, uma vez que trará benefícios não somente para a qualidade de vida da população da cidade, mas também para a economia local, pois a tendência é que o turismo aumente.

Concluindo, temos para trabalhos futuros:

- 1) Propor uma nova metodologia de gestão de manutenção, agora com a IP de uma cidade 100 % modernizada com tecnologia LED.
- 2) Realizar um estudo de viabilidade técnica, econômica e financeira para implantação da tecnologia de **Telegestão** na cidade de São José de Ribamar após a modernização total do parque de IP.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Empresa de Pesquisa Energética, “Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2018, Ano-Base 2017,” 2018.
- [2] Empresa de Pesquisa Energética, “Plano Decenal de Expansão de Energia 2027.” 2018.
- [3] Eletrobras, “RESULTADOS PROCEL 2018, ANO-BASE 2017,” 2018.
- [4] L. Lustosa Fróes da Silva, “ILUMINAÇÃO PÚBLICA NO BRASIL: ASPECTOS ENERGÉTICOS E INSTITUCIONAIS,” Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2006.
- [5] F. C. Bastos, “ANÁLISE DA POLÍTICA DE BANIMENTO DE LÂMPADAS INCANDESCENTES DO MERCADO BRASILEIRO,” Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2011.
- [6] T. F. Baptista, “Impacto no Sistema de Energia pela Troca das Lâmpadas Tradicionais por Lâmpadas LED,” Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2016.
- [7] Centro Brasileiro de Informação de Eficiência Energética, “PROCEL INFO,” 2018. [Online]. Available: <http://www.procelinfo.com.br/main.asp>.
- [8] “Pontos turísticos de São Luís ganham iluminação artística e moderna,” 2016. [Online]. Available: <http://www.ma10.com.br/2016/04/29/pontos-turisticos-de-sao-luis-ganham-iluminacao-artistica-e-moderna/>. [Accessed: 10-Nov-2018].
- [9] L. de C. Engelmann, “Acendedor de Lampiões.” [Online]. Available: <http://quintoanoajmj2017.blogspot.com/2017/07/acendedor-de-lampioes.html>. [Accessed: 10-Nov-2018].
- [10] L. F. Ramos, “Iluminação pública e efficientização energética.”
- [11] GLOBO, “Em foco: Na Light, bonde, telefone e luz.” [Online]. Available: <https://acervo.oglobo.globo.com/incoming/na-light-bonde-telefone-luz-20964903>. [Accessed: 10-Dec-2018].
- [12] R. Barbosa, “A GESTÃO E O USO EFICIENTE DA ENERGIA ELÉTRICA NOS SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA,” Universidade de São Paulo, 2000.
- [13] D. N. De Sousa, “Eficiência Energética na Iluminação Pública,” p. 143, 2012.
- [14] R. C. A. Santos, “Iluminação Pública e Sustentabilidade Energética,” 2011.

- [15] KONICA MINOLTA, “Iluminação e controle da cor – propriedades de lâmpada LED.” [Online]. Available: <http://sensing.konicaminolta.com.br/2015/11/iluminacao-e-controle-da-cor-propriedades-de-lampada-led/>. [Accessed: 10-Dec-2018].
- [16] PREFEITURA MUNICIPAL DE COLOMBO - PARANÁ, “Prefeitura mantém sistema de manutenção na iluminação pública,” 2013. [Online]. Available: <http://portal.colombo.pr.gov.br/prefeitura-mantem-sistema-de-manutencao-na-iluminacao-publica/>. [Accessed: 11-Nov-2018].
- [17] The Royal Swedish Academy of Sciences, “Blue LEDs – Filling the world with new light”,” 2014.
- [18] L. Barbosa Lopes, “UMA AVALIAÇÃO DA TECNOLOGIA LED NA ILUMINAÇÃO PÚBLICA,” Universidade federal do Rio de Janeiro, 2014.
- [19] S. J. F. de CAMPOS, “Iluminação Urbana: Um estudo da eficiência energética de luminárias LED controladas por sistema de telegestão.,” 2014.
- [20] Citelum GROUPE EDF, “Relatório de materiais aplicados,” São Luís: CITELUM, 2018.
- [21] FM RODRIGUES, “Queima de DPS Clamper tipo pararelo em SP,” São Paulo: FM, 2018.
- [22] Citelum GROUPE EDF, “Arquivos do servidor,” São José de Ribamar: CITELUM, 2018.
- [23] V. FALCONI, *Gerência da Qualidade Total*. Belo Horizonte: Ed. Fundação Christiano Ottoni, 1990.
- [24] Philips Lighting, “Outdoor Luminaires,” 2018. [Online]. Available: <http://www.lighting.philips.com/main/prof/outdoor-luminaires/road-and-urban-lighting/road-and-urban-luminaires/greenvision-brp371-372-373>. [Accessed: 11-Nov-2018].
- [25] SJR Iluminação do Futuro SPE S/A, “Arquivos do servidor,” São José de Ribamar: SPE, 2018.
- [26] R. A. JENGERS and D. G. BILIBIO, “Ferramentas da qualidade: Uma solução para reduzir os desperdícios e aumentar a produção em uma indústria moveleira.,” *Mundo*

Contemporâneo em Revista, Nº 05, V. 01, 2016.

- [27] DM Cotidiano, “Está em vigor lei que determina implantação de cabeamento subterrâneo de energia,” 2018. [Online]. Available: <http://www.dm.com.br/cotidiano/2018/07/esta-em-vigor-lei-que-determina-implantacao-de-cabeamento-subterraneo-de-energia.html>. [Accessed: 12-Nov-2018].
- [28] SÃO LUÍS, “Código Tributário Municipal de São Luís,” LEI No 6.289, DE 28 DE DEZEMBRO DE 2017, 2017. [Online]. Available: <https://www.semfaz.saoluis.ma.gov.br/arquivos/1515076325.pdf>. [Accessed: 27-Dec-2018].
- [29] G. I. Engel, “Pesquisa-ação,” *Educar*, n 16, Curitiba, pp. 181–191, 2000.