

Failure rate in the Brazilian street lighting system – case analysis

Índice de falha no sistema de iluminação pública brasileiro – análise de caso

Rafael Deléo e Oliveira

KMR Energia e Meio Ambiente

rafael.deleo@kmrenergia.com.br

rafael.deleo@gmail.com

Abstract: The lack of information about the Public Lighting (PL) sector may lead municipalities to make wrong decisions that reflect the inadequate collection of the so-called “Contribution for the Cost of the Street Lighting Service” (COSIP) or the so-called “Contribution for Street Lighting” (CIP). This study analyses data from the public lighting park of eight cities and presents the failure rates for the main lighting system components. Failure indices are intended to assist city governments in scaling up material purchases and forecasting public lighting expenditures, making COSIP / CIP enough to cover public lighting sector expenditures. Failure rates may also be used within Public-Private Partnership (PPP) in technical and economic-financial modelling studies. In this case, the failure indicators may be used to determine the costs involved in the maintenance and operation of the IP parks before modernization and thus support analysis to determine the maximum values of the counterparty to be offered in the exhibitions.

Keywords: Street lighting, corrective maintenance of street lighting, street lighting points, failure indicator in street lighting.

Resumo: A falta de informações sobre o setor de Iluminação Pública (IP) pode levar as prefeituras a tomarem decisões equivocadas que refletem na arrecadação insuficiente da Contribuição para o Custeio do Serviço de Iluminação Pública (COSIP) ou da Contribuição de Iluminação Pública (CIP). Este estudo analisa dados do parque de iluminação pública de oito cidades e apresenta os índices de falha para os principais componentes do sistema de iluminação. Os índices de falha têm a finalidade de auxiliar as prefeituras no dimensionamento da compra de materiais e na previsão dos gastos com iluminação pública, tornando a COSIP / CIP suficiente para cobrir as despesas do setor de iluminação pública. Os índices de falhas também poderão ser utilizados

nos estudos de modelagem técnica e econômico-financeira de Parcerias Público-Privadas (PPP). Nesse caso, os indicadores de falha poderão ser usados para a determinação dos custos envolvidos na manutenção e operação dos parques de IP antes da modernização e, assim, dar suporte a análises para a determinação dos valores máximos da contra prestação a serem ofertadas nos certames.

Palavras-Chave: iluminação pública, manutenção corretiva da iluminação pública, pontos de iluminação pública, indicador de falha na iluminação pública.

1 Introdução

A Resolução Normativa nº 414 de 09 de setembro de 2010 da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), alterada pela Resolução Normativa nº 587 de 10 de dezembro de 2013 da ANEEL, indica no Art. 218, § 4º, inciso V, que a transferência dos ativos do sistema de Iluminação Pública (IP) para as prefeituras deveria ser concluída até 31 de dezembro de 2014 [1] [2].

A transferência do parque de iluminação pública para a prefeitura pode trazer ganhos para a municipalidade destacando-se a possibilidade de redução do consumo de energia elétrica e melhoria na prestação do serviço de manutenção [3] [4] [5].

Além disso, a quantidade de pontos de iluminação pública no Brasil para os anos de 1995, 1999, 2004 e 2008 são apresentados na Tabela 1 [6] [7] [8] [9]. Ainda, estima-se em 18 milhões de pontos luminosos o parque de iluminação pública brasileiro no ano de 2019 [10].

Tabela 1: Número de pontos de iluminação pública – Brasil.

Ano	Número de pontos de iluminação pública
1995	8.782.000
1999	11.300.000
2004	13.100.000
2008	14.769.309

Utilizando os dados apresentados e o método de regressão dos mínimos quadrados (mínimos quadrados ordinários), foi determinada a equação polinomial de segundo grau com coeficiente de determinação (R^2) igual a 0,997, como indicado na Figura 1.

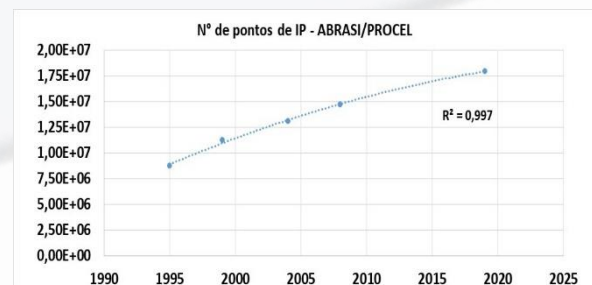


Figura 1: Determinação da equação polinomial.

A equação polinomial de segundo grau assim determinada é apresentada na Equação 1.

$$Y = -6.814,224x^2 + 27.729.067,045x - 28.189.770.418,770 \quad (1)$$

A Tabela 2 apresenta a variação da representatividade percentual dos tipos de lâmpadas para os anos de 1995, 1999 e 2008 [4] [8] [9]. Observa-se que as lâmpadas vapor de mercúrio, mista, incandescentes e fluorescentes apresentaram diminuição na participação do parque de iluminação pública brasileiro enquanto as lâmpadas vapor de sódio e multivapor metálico apresentaram aumento na participação.

Tabela 2: Variação percentual por tipo de lâmpada - de 1995 para 2008.

Variação percentual por tecnologia de lâmpada de 1995 para 2008				
Tipo de lâmpada	Representatividade			Variação 95/2008
	1995	1999	2008	
Vapor de sódio	7,30%	15,80%	62,93%	55,63%
Vapor de mercúrio	80,70%	71,50%	31,84%	-48,86%
Mista	7,00%	7,60%	2,22%	-4,78%
Incand.	3,80%	3,90%	1,42%	-2,38%
Fluoresc.	1,20%	0,00%	0,81%	-0,39%
Multivapor metálico	0,00%	0,00%	0,73%	0,73%
Outras	0,00%	1,20%	0,03%	0,03%
Total	100%	100%	100%	

Ainda, analisando os dados apresentados na Tabela 2 observa-se que as lâmpadas vapor de mercúrio apresentaram a maior redução na participação, passando de 80,70%, no ano de 1995, para 31,84%, no ano de 2008, ou seja, variação de -48,86%. As lâmpadas vapor de sódio, por sua vez, apresentaram o maior aumento na participação passando de 7,30%, no ano de 1995, para 62,93%, no ano de 2008, ou seja, variação de 55,63%. As variações nas quantidades de lâmpadas, principalmente diminuição na utilização de lâmpadas de vapor de mercúrio e aumento na utilização de lâmpadas vapor de sódio, são reflexo de programas de eficiência energética com destaque para o Programa Nacional de Iluminação Pública Eficiente (RELUZ) do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), que, desde 2001, incentiva a utilização de tecnologias mais eficientes no setor de iluminação pública.

Os relatórios do PROCEL-RELUZ indicam que a última eficiência do parque de iluminação pública ocorreu no ano de 2014 com a substituição de 33.048 pontos [11] [12] [13] [14] [15].

Assim, devido à falta de dados atualizados, estimou-se o parque de iluminação pública do Brasil para o ano de 2019, utilizando a Equação 1, em 17.978.986 pontos luminosos.

Além disso, é imprescindível observar que o parque de iluminação pública brasileiro consumiu aproximadamente 15.690 GWh de energia no ano de 2018 ou 3,30% do total da energia gerada naquele ano, como indicado na Tabela 3 [16].

Assim, analisando o tamanho do parque de IP do Brasil estimado (17.978.986 pontos) e os dados apresentados na Tabela 3, nota-se a importância do parque de iluminação pública brasileiro tanto em quantidade de pontos luminosos quanto em consumo de energia elétrica.

Também, é fundamental observar que, no ano de 2016, 82% dos municípios brasileiros (aproximadamente 4.568 municípios) já arrecadavam a Contribuição para o Custeio do Serviço de Iluminação Pública (COSIP) ou Contribuição de Iluminação Pública (CIP), mas em apenas 44% dos municípios (aproximadamente 2.451) o valor arrecadado era suficiente para cobrir as despesas com a iluminação pública [17].

Tabela 3: Consumo anual de energia por classe – Brasil – 2018.

Consumo por classe (GWh)		
Classe de consumo	Consumo (GWh)	Participação (%)
Residencial	137.615	29,0%
Industrial	169.625	35,7%
Comercial	88.631	18,7%
Rural	29.168	6,1%
Poder público	15.076	3,2%
Iluminação pública	15.690	3,3%
Serviço público	15.778	3,3%
Próprio	3.238	0,7%
Total	474.820	100%

A finalidade deste artigo é apresentar e divulgar valores para indicadores de falha de equipamentos (lâmpadas, relês, chaves de comando e reatores) e índice de falha no setor de iluminação pública. Espera-se que esses valores de indicadores possam auxiliar as prefeituras a realizar o planejamento de compra de materiais e dimensionar a quantidade de equipes técnicas para realização dos atendimentos de manutenções preventivas e corretivas relacionadas a pontos de iluminação pública acesos ao dia ou apagados à noite. Com o dimensionamento das necessidades de materiais e recursos humanos, as prefeituras poderão estimar os gastos anuais que, somados aos custos relativos ao consumo de energia elétrica do parque de IP, suportarão análises para ajustes da COSIP / CIP, tornando essa contribuição suficiente para cobrir as despesas do setor de iluminação pública municipal.

2 Material e método

Nas análises foram utilizados dados de oito cidades localizadas nos aglomerados urbanos de Campinas e Piracicaba. Os dados foram obtidos no Sistema Integrado de Gestão de Iluminação Pública (SIGIP), que é utilizado para realizar o controle das informações do parque de iluminação pública das cidades. O banco de dados do SIGIP registra as características de cada ponto como tipo de lâmpada, potência da lâmpada, tipo de reator e potência do reator,

além de informações tais como quantidade de ordens de serviço abertas em determinado período e as tratativas realizadas para atendimento das solicitações de reparo no parque de iluminação pública.

O parque de iluminação pública das cidades apresenta 45.400 pontos luminosos, sendo que 33.680 pontos estão instalados em vias públicas e 11.720 pontos estão localizados em praças.

3 Resultados e discussão

Analisando as informações obtidas no banco de dados do SIGIP das oito cidades localizadas nos aglomerados urbanos de Campinas e Piracicaba, observa-se que aproximadamente 74,19% dos pontos de iluminação pública estão instalados em vias públicas e aproximadamente 25,81% estão instalados em praças, como apontado na Figura 2.

Como representado na Figura 3, as análises dos dados coletados indicam que em aproximadamente 89,26% dos

pontos luminosos, ou 40.525 pontos do parque de iluminação pública, são utilizadas lâmpadas do tipo vapor de sódio. Ainda, em aproximadamente 6,84% dos pontos luminosos, ou 3.105 pontos, são utilizadas lâmpadas do tipo multivapor metálico; aproximadamente 2,97% dos pontos, ou 1.348 pontos luminosos, são equipados com lâmpadas mistas; aproximadamente 0,54% dos pontos, ou 245 pontos luminosos, fazem uso de lâmpadas compactas; e somente 0,39% dos pontos, ou 177 pontos luminosos, utilizam tecnologia LED.

Além disso, a Figura 4 indica a porcentagem para cada tipo de lâmpada e potência no parque de IP. Observa-se que as maiores representatividades percentuais são para as lâmpadas vapor de sódio de 100W (37,98%), vapor de sódio de 150W (26,34%), vapor de sódio de 250W (20,94%), multivapor metálico de 150W (4,15%) e vapor de sódio de 400W (3,96%), totalizando aproximadamente 93,37% do parque de iluminação pública analisado. Os 6,63% restantes do parque de IP estão distribuídos entre treze tipos de lâmpadas como apresentado na Figura 4.

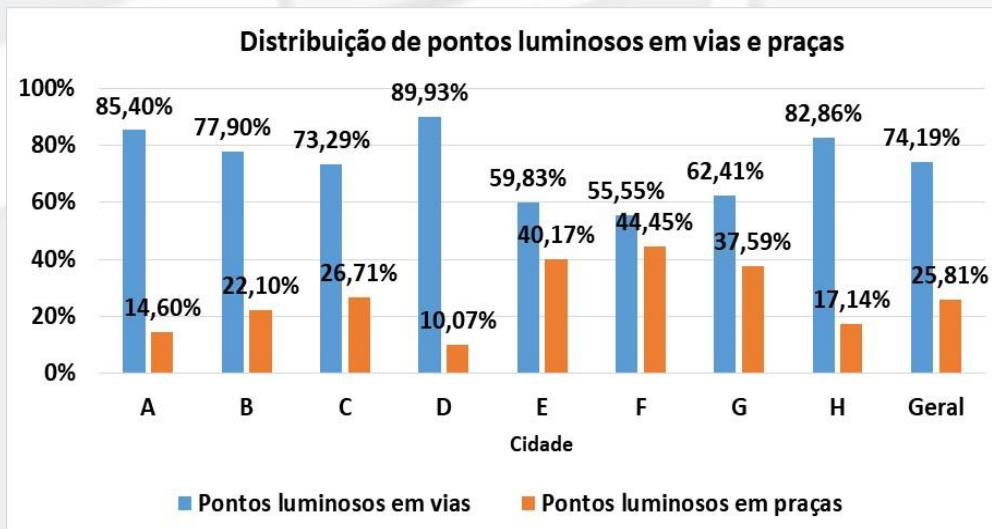


Figura 2: Distribuição de pontos luminosos em vias e praças.

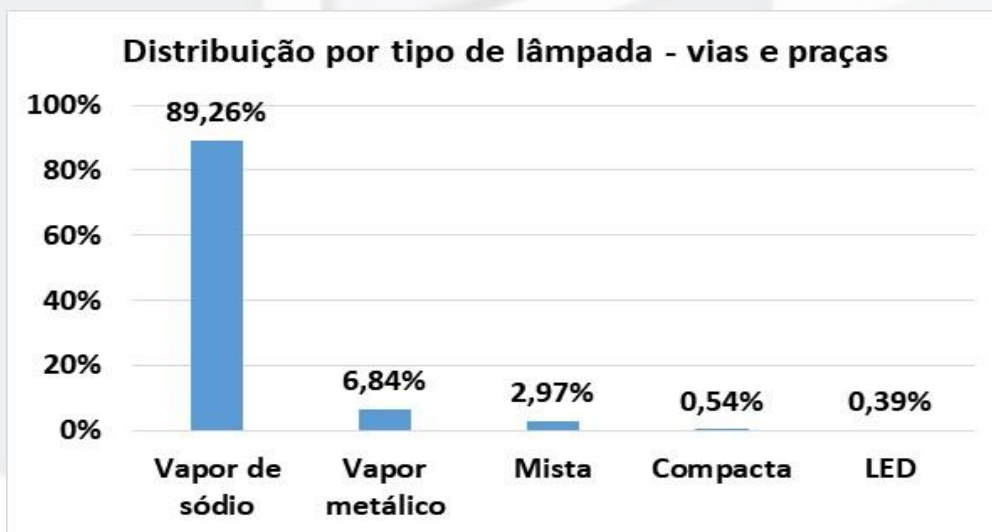


Figura 3: Distribuição de pontos luminosos por tipo de lâmpada - vias e praças.

A Figura 5, por sua vez, indica que, dos 33.680 pontos luminosos instalados em vias públicas, 97,55%, ou aproximadamente 32.853 pontos, utilizam lâmpadas do tipo vapor de sódio; 2,30% (774 pontos) utilizam lâmpadas do tipo multivapor metálico; 0,09% (30 pontos) faz uso de tecnologia LED; e 0,07% (23 pontos) são equipados com lâmpadas mistas.

De acordo com os dados apresentados na Figura 5, as lâmpadas mais utilizadas nas vias públicas são lâmpadas vapor de sódio de 100W com 49,72% de participação ou 16.745 pontos; vapor de sódio de 150W com 29,35% de participação ou 9.885 pontos; e vapor de sódio de 250W com 18,44% de participação (6.210 pontos). Além disso, a representatividade da lâmpada multivapor metálico de 150W é de 2,30% (774 pontos); da lâmpada LED 90W é de 0,09% (30 pontos); da lâmpada vapor de sódio de 70W é de 0,04%

(13 pontos); e das lâmpadas mista de 400W e 160W é de 0,04% (13 pontos) e 0,03% (10 pontos), respectivamente.

Dos 11.720 pontos luminosos instalados em praças, 65,44%, ou aproximadamente 7.670 pontos, utilizam lâmpadas do tipo vapor de sódio; 19,74% (2.314 pontos) utilizam lâmpadas do tipo multivapor metálico; 10,24% (1.200 pontos) são equipados com lâmpadas mistas; 2,11% utilizam lâmpadas compactas (247 pontos); e 2,47% (289 pontos) utilizam outros tipos de lâmpadas (LED de 60W e 90W, lâmpada mista de 100W e lâmpada multivapor metálico de 50W), como indicado na Figura 6. Os dados apresentados na Figura 6 mostram ainda que as lâmpadas mais utilizadas em praças são as lâmpadas vapor de sódio de 250W com 28,15% de participação ou 3.299 pontos; vapor de sódio de 150W com 17,70% de participação ou 2.074 pontos; e vapor de sódio de 400W, 15,33% ou 1.796 pontos.

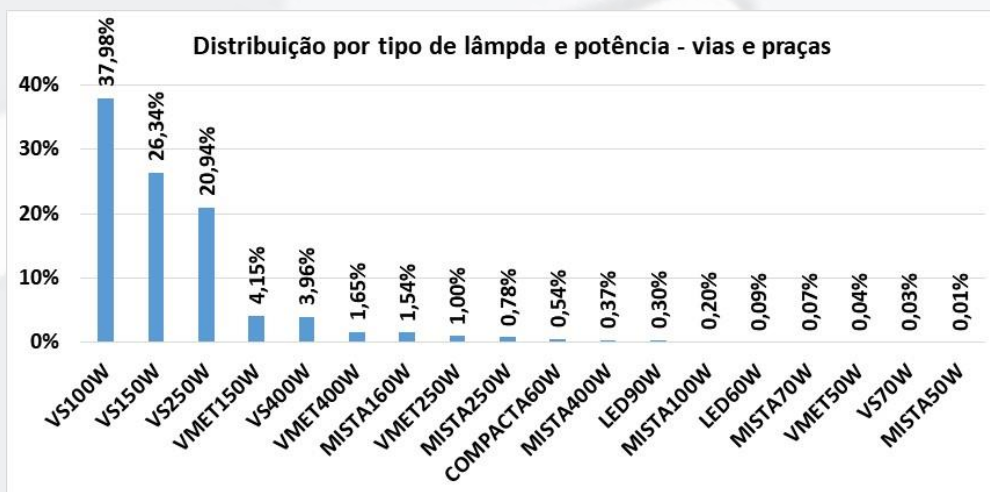


Figura 4: Distribuição de pontos luminosos por tipo e potência de lâmpada – vias e praças.



Figura 5: Distribuição de pontos luminosos por tipo e potência de lâmpada – vias.



Figura 6: Distribuição de pontos luminosos por tipo e potência de lâmpada – praças.

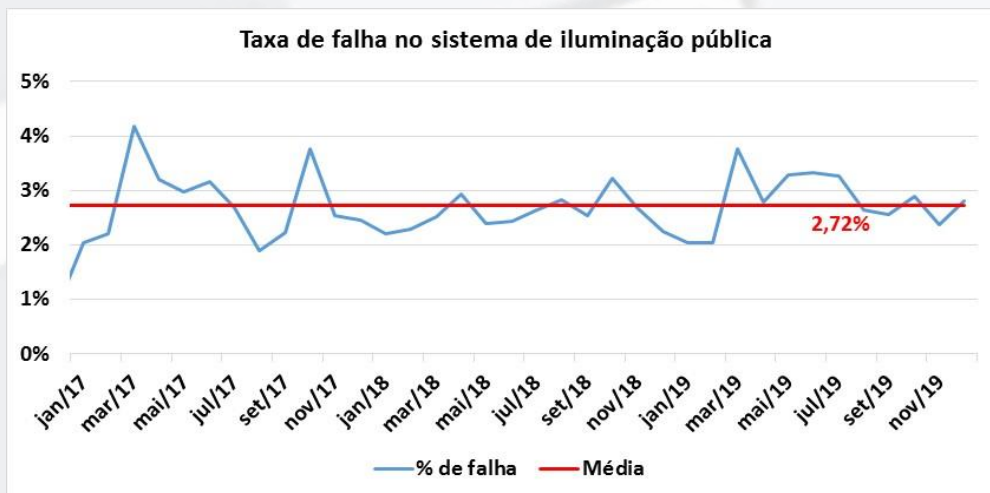


Figura 7: Taxa de falha no sistema de IP.

Na Figura 7 são apresentadas as taxas mensais de falha para o parque de IP calculadas utilizando a Equação 2,

$$\text{Taxa falha (parque de IP)} = \frac{N_{OS \text{ abertas}}}{N_{Total \text{ pontos}}} [\%] \quad (2)$$

sendo:

- $N_{OS \text{ abertas}}$: número de Ordens de Serviço (OS) abertas mensalmente;
- $N_{Total \text{ pontos}}$: número total de pontos luminosos do parque de IP (45.400 pontos).

Esse indicador inclui solicitações de reparo para pontos de iluminação acesos durante o dia e apagados durante a noite em vias públicas e praças. Como apresentado na Figura 7, a taxa média de falha é de 2,72%, ou seja, mensalmente são abertas aproximadamente 1.235 OSs solicitando reparos no parque de iluminação pública composto por 45.400 pontos.

Na Figura 8 é apresentada a taxa de falha por tipo de lâmpada e a taxa de falha geral para o componente lâmpada.

Esses indicadores foram calculados utilizando a Equação 3 e a Equação 4, respectivamente,

$$\text{Taxa falha (lâmpada)} = \frac{N_{Lâmp. \text{ trocada por tipo}}}{N_{Total \text{ lâmp. por tipo}}} [\%] \quad (3)$$

sendo:

- $N_{Lâmp. \text{ trocada por tipo}}$: número de lâmpadas de cada tipo e potência substituídas ao longo de cada ano;
- $N_{Total \text{ lâmp. por tipo}}$: número total de lâmpadas do parque de IP por tipo e potência considerando a soma de pontos luminosos em vias públicas e praças;

$$\text{Taxa falha geral (lâmp.)} = \frac{N_{Total \text{ lâmp. trocada}}}{N_{Total \text{ lâmp. parque IP}}} [\%] \quad (4)$$

sendo:

- $N_{Total \text{ lâmp. trocada}}$: número total de lâmpadas substituídas ao longo de cada ano considerando a soma de pontos luminosos em vias públicas e praças;

- $N_{\text{Total lâmp. parque IP}}$: número total de lâmpadas do parque de IP considerando a soma de pontos luminosos em vias públicas e praças.

Analisando a Figura 8, observa-se que, entre as lâmpadas de descarga a alta pressão, a lâmpada multivapor metálico de 250W apresentou a maior taxa média de falha, sendo o valor igual a 50,29%, e a lâmpada multivapor metálico de 400W apresentou a menor taxa média de falha (9,88% de taxa média de falha).

Ainda com base na Figura 8, observa-se que a lâmpada compacta de 60W apresentou taxa média de falha igual a 61,54% e a lâmpada LED de 60W apresentou taxa média de falha igual a 23,02%.

Além disso, observa-se que a taxa média de falha geral para o componente lâmpada foi de 24,68%, ou seja, por ano, ocorreu a falha de aproximadamente 25% das lâmpadas do parque de IP.

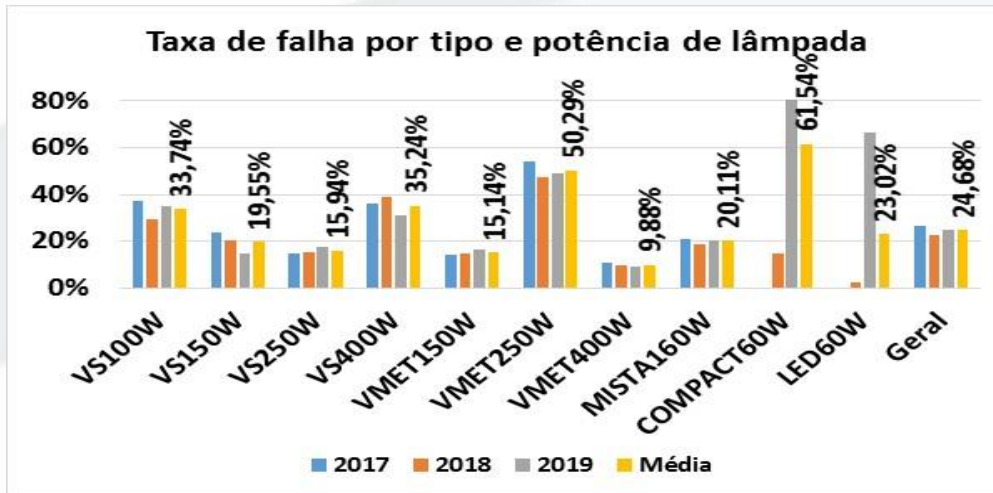


Figura 8: Taxa de falha por tipo de lâmpada.

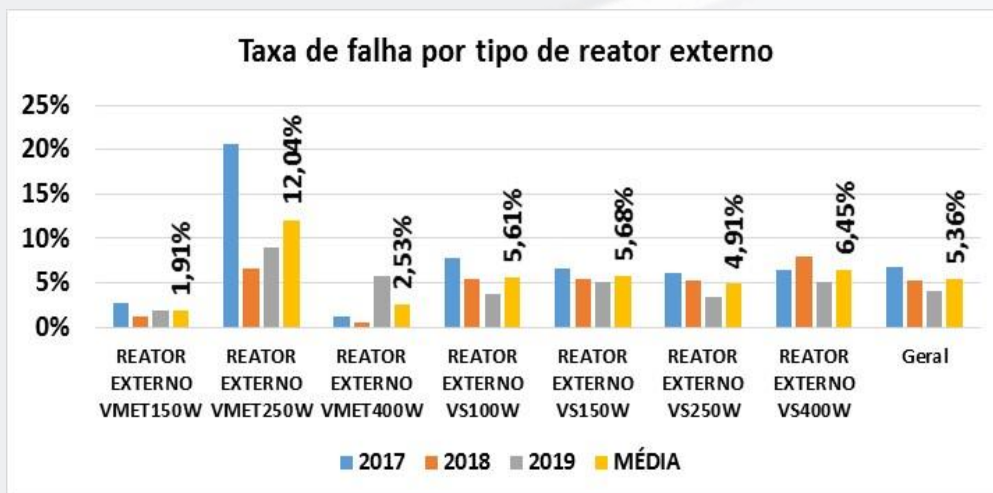


Figura 9: Taxa de falha para reator externo.

Na Figura 9, é apresentada a taxa de falha por tipo de reator externo e a taxa de falha geral para o componente reator externo. Esses indicadores foram calculados por meio da Equação 5 e da Equação 6, respectivamente,

$$\text{Taxa falha (reator ext.)} = \frac{N_{\text{Reator ext. por tipo trocado}}}{N_{\text{Total reator ext. por tipo}}} [\%] \quad (5)$$

sendo:

- $N_{\text{Reator ext. por tipo trocado}}$: número de reatores externos por tipo e potência substituídos ao longo de cada ano;

- $N_{\text{Total reato ext. por tipo}}$: número total de reatores externos do parque de IP por tipo e potência considerando pontos luminosos em vias públicas e praças

$$\text{Taxa falha geral (reator ext.)} = \frac{N_{\text{Total reator ext. trocado}}}{N_{\text{Total reator ext. parque IP}}} [\%] \quad (6)$$

sendo:

- $N_{\text{Total reator ext. trocado}}$: número total de reatores externos substituídos ao longo de cada ano considerando a soma de pontos luminosos em vias públicas e praças que usam o equipamento;

- $N_{\text{Total reator ext. parque IP}}$: número total de reatores externos do parque de IP considerando pontos luminosos em vias públicas e praças que utilizam o equipamento.

Observa-se na Figura 9 que, para os reatores externos, a maior falha ocorreu no modelo para lâmpada multivapor metálico de 250W (taxa média de falha de 12,04%). O modelo para lâmpada multivapor metálico de 150W apresentou a menor taxa média de falha (taxa média de falha de 1,91%).

Além disso, observa-se na Figura 9 que a taxa média de falha geral para o componente reator externo foi de 5,36%, ou seja, por ano, ocorreu a falha de aproximadamente 5,40% do total de reatores externos do parque de IP.

Na Figura 10, é apresentada a taxa de falha por tipo de reator interno e a taxa de falha geral para o componente reator interno. Esses indicadores foram calculados utilizando a Equação 7 e a Equação 8, respectivamente,

$$\text{Taxa falha (reator int.)} = \frac{N_{\text{Reator int. por tipo trocado}}}{N_{\text{Total reator int. por tipo}}} [\%] \quad (7)$$

sendo:

- $N_{\text{Reator int. por tipo trocado}}$: número de reatores internos por tipo e potência substituídos ao longo de cada ano;

- $N_{\text{Total reato int. por tipo}}$: número total de reatores internos do parque de IP por tipo e potência considerando pontos luminosos em vias públicas e praças;

$$\text{Taxa falha geral (reator int.)} = \frac{N_{\text{Total reator int. trocado}}}{N_{\text{Total reator int. parque IP}}} [\%] \quad (8)$$

sendo:

- $N_{\text{Total reator int trocado}}$: número total de reatores internos substituídos ao longo de cada ano considerando a soma de pontos luminosos em vias públicas e praças que utilizam o equipamento;
- $N_{\text{Total reator int. parque IP}}$: número total de reatores internos do parque de IP considerando pontos luminosos em vias públicas e praças que utilizam o equipamento.

Dessa forma, na Figura 10, observa-se que, para os reatores internos, a maior falha ocorreu no modelo para lâmpada vapor de sódio de 400W (taxa média de falha de 54,46%) e a menor falha ocorreu no modelo para lâmpada vapor de sódio de 100W (taxa média de falha de 5,61%).

Além disso, observa-se na Figura 10 que a taxa média de falha geral para o componente reator interno foi de 9,60%, ou seja, por ano ocorreu a falha de quase 10% do total de reatores internos do parque de IP.

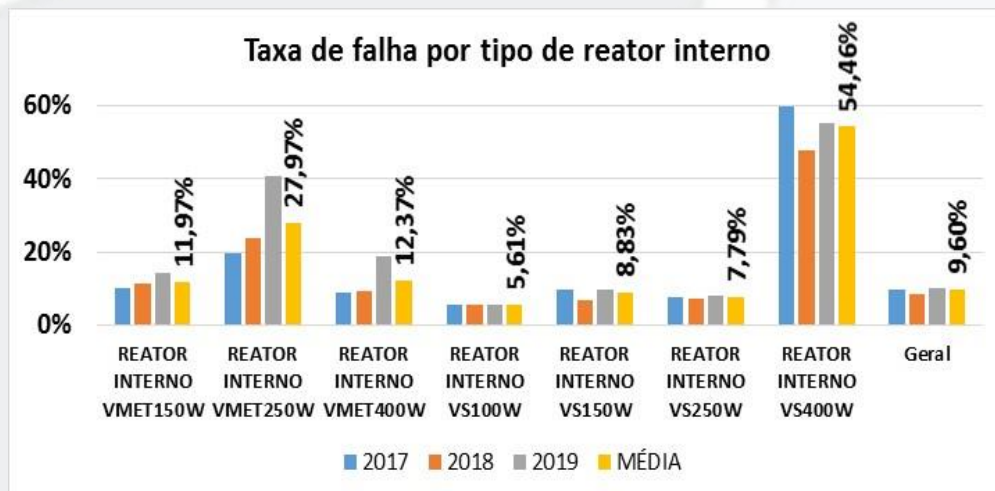


Figura 10: Taxa de falha para reator interno.

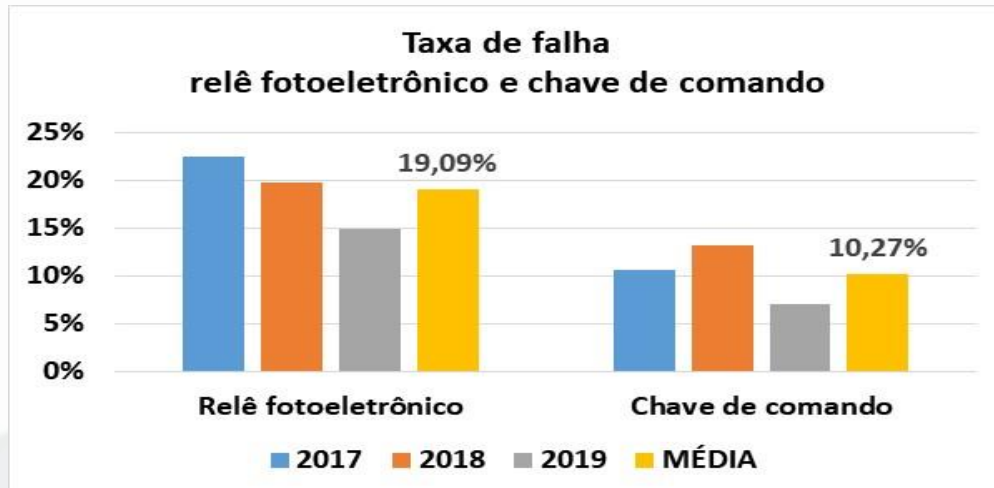


Figura 11: Taxa de falha para relê fotoeletrônico e chave magnética.

Por fim, na Figura 11, são apresentadas as taxas de falha para relê fotoeletrônico e chave de comando em grupo.

O indicador taxa de falha de chave de comando foi calculado por meio da Equação 9,

$$\text{Taxa de falha (chave)} = \frac{N_{\text{chave comando}}}{N_{\text{Total chave comando}}} [\%] \quad (9)$$

sendo:

- $N_{\text{chave comando}}$: número de chaves de comando substituídas ao longo de cada ano;
- $N_{\text{Total chave comando}}$: número total de chaves de comando existentes nas vias públicas (568 chaves de comando).

Assim, a taxa média de falha para chaves de comando foi de 10,27%, ou seja, anualmente, aproximadamente 58 chaves de grupo apresentaram problema.

O indicador de falha para relê fotoeletrônico foi calculado por meio da Equação 10,

$$\text{Taxa de falha (relê)} = \frac{N_{\text{relê}}}{N_{\text{Total relê}}} [\%] \quad (10)$$

sendo:

- $N_{\text{relê}}$: número de relês substituídos ao longo de cada ano;
- $N_{\text{Total relê}}$: número de relês instalados no parque de iluminação pública (23.314 relês fotoeletrônicos).

Para estimar a quantidade de relês fotoeletrônicos instalados no parque de IP, foram feitas as seguintes considerações:

- N° de chaves de comando instaladas em vias: 568;
- N° médio de pontos de IP operados por cada chave de comando instalada em via: 20;
- N° de pontos de IP operados por meio de chave de comando em via: $568 \times 20 = 11.360$;

- N° de pontos de IP em via: 33.680;
- N° de pontos de IP operados individualmente por relê fotoeletrônico em via: $33.680 - 11.360 = 22.320$;
- N° de quadros de comando instalados em praças que utilizam relê fotoeletrônico: 426;
- N° de chaves de comando instaladas em vias públicas que utilizam relê fotoeletrônico: 568;
- N° de relês fotoeletrônicos para operação de quadros de comando em praças: 426;
- N° de relês fotoeletrônicos para operação de chaves de comando em vias: 568;
- N° total de relês fotoeletrônicos: $22.320 + 426 + 568 = 23.314$.

Portanto, a taxa média de falha para o componente relê fotoeletrônico foi de 19,09%, indicando que, por ano, aproximadamente 4.451 componentes apresentaram problema.

4 Conclusão

Existem barreiras que dificultam a assunção do parque de iluminação pública pelas prefeituras. Como principais barreiras podem-se citar conflitos institucionais, falta de corpo técnico especializado, falta de estrutura especializada (caminhão com cesto aéreo e ferramental adequado), falta de informação e principalmente falta de indicadores de falha dos componentes usados no setor de iluminação pública.

Assim, devido à transferência da responsabilidade da manutenção do parque de iluminação pública para os municípios, de acordo com normativas da ANEEL, faz-se necessário um conjunto de informações e indicadores para auxiliar as prefeituras nas tomadas de decisões.

Dessa forma, as análises apresentadas neste estudo indicam que a taxa média de falha no sistema de iluminação pública

pode ser estimada em aproximadamente 2,72%. Portanto, com base na quantidade de pontos de iluminação existentes no seu parque de IP, as prefeituras podem estimar o número mensal médio de ordens de serviço que serão abertas solicitando reparos no sistema de IP. Assim, os municípios podem dimensionar a quantidade de equipes de manutenção necessárias para atendimento dos chamados dentro de prazos determinados.

Além disso, são apresentadas taxas de falha para lâmpadas, reatores (externos e internos), relês fotoeletrônicos e chaves de comando. Os indicadores de falha dos componentes poderão auxiliar as prefeituras na estimativa das quantidades de materiais necessários para atendimento das solicitações de reparo no parque de iluminação pública durante o ano.

Entretanto, o estudo foi realizado utilizando dados empíricos de municípios localizados em região geográfica restrita do estado de São Paulo, representando limitação para generalização do estudo para outras regiões brasileiras que apresentem diferentes condições ambientais.

Contudo, caso a prefeitura ou sua contratada para realização das manutenções do parque de iluminação pública não possuam histórico de dados, as taxas de falhas apresentadas neste estudo podem ser utilizadas pela gestão pública numa condição inicial para otimizar os custos de estoque com material de reposição para ajustes da COSIP/CIP.

Assim, com o dimensionamento das necessidades de materiais e recursos humanos, as prefeituras poderão estimar os gastos anuais que, somados aos custos relativos ao consumo de energia elétrica do parque de IP, suportarão análises para ajustes da COSIP/CIP, tornando essa contribuição suficiente para cobrir as despesas do setor de iluminação pública municipal.

Os índices de falhas apresentados também poderão ser utilizados nos estudos de modelagem técnica e econômico-financeira de Parceria Público-Privada (PPP). Os projetos de concessão poderão valer-se dos índices de falhas para determinação dos custos envolvidos na manutenção e operação dos parques de IP antes da modernização e, assim, determinar os valores máximos da contraprestação a serem ofertados nos certames.

Referências

- [1] ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. Resolução Normativa n° 414. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2010414.pdf>>. Acesso em 31 out. 2019.
- [2] ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. Resolução Normativa n° 587. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2013587.pdf>>. Acesso em 31 out. 2019.
- [3] Castro, F. N.; Luciano, B. A. Eficiência energética em sistemas de iluminação pública. In: IV Simpósio Brasileiro de Sistema Elétricos, 2012, Goiânia. *Anais eletrônicos...* Goiânia, SBA, 2012. Disponível em: <<http://www.swge.inf.br/anais/sbse2012/anais06.html>>. Acesso em 30 out. 2019.
- [4] Barbosa, R. A. Gestão e o uso eficiente da energia elétrica nos sistemas de iluminação pública. São Paulo, 182 p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Energia, Universidade de São Paulo, 2000.
- [5] Caruzzo, A; Nogueira, L. A. H. Avaliação da eficiência energética na iluminação pública: proposta de modelagem considerando a variabilidade climática. Produção Online – revista científica eletrônica de engenharia de produção, V.15, n. 4, 2015. Disponível em: <<https://www.producaoonline.org.br/rpo/article/view/1974>>. Acesso em 31 out. 2019.
- [6] PROCEL – Programa Nacional de Conservação de de Energia Elétrica. Resultados do PROCEL – ano base 2004. Disponível em <<http://www.procelinfo.com.br/main.asp?View={EC4300F8-43FE-4406-8281-08DDF478F35B}>>>. Acesso em 14 out. 2019.
- [7] PROCEL – Programa Nacional de Conservação de de Energia Elétrica. Resultados do PROCEL – ano base 2013. Disponível em <<http://www.procelinfo.com.br/main.asp?View={EC4300F8-43FE-4406-8281-08DDF478F35B}>>>. Acesso em 14 out. 2019.
- [8] ABRASI – Associação Brasileira de Empresas de Serviço de Iluminação Urbana. Dados do setor. Disponível em <<http://www.abrasi.org.br/iluminacao-urbana/2/dados-do-setor>>. Acesso em 17 out. 2019.
- [9] Costa, G. J. C. Iluminação Econômica – Cálculo e Avaliação, 4ª Edição. Porto Alegre: EDIPUCRS – Coleção Engenharia, 2006.
- [10] Revista Potência. Modernização da iluminação pública pode avançar. Disponível em <<https://revistapotencia.com.br/iluminacao/modernizacao-da-iluminacao-publica-pode-avancar/>>. Acesso em 30 nov. 2019.
- [11] PROCEL – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica. Resultados do PROCEL – ano base 2014. Disponível em <<http://www.procelinfo.com.br/main.asp?View={EC4300F8-43FE-4406-8281-08DDF478F35B}>>>. Acesso em 14 out. 2019.
- [12] PROCEL – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica. Resultados do PROCEL – ano base 2015. Disponível em <<http://www.procelinfo.com.br/main.asp?View={EC4300F8-43FE-4406-8281-08DDF478F35B}>>>. Acesso em 14 out. 2019.
- [13] PROCEL – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica. Resultados do PROCEL – ano base



2016. Disponível em
<<http://www.procelinfo.com.br/main.asp?View={EC4300F8-43FE-4406-8281-08DDF478F35B}>>.
Acesso em 14 out. 2019.

[14] PROCEL – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica. Resultados do PROCEL – ano base 2017. Disponível em
<<http://www.procelinfo.com.br/main.asp?View={EC4300F8-43FE-4406-8281-08DDF478F35B}>>.
Acesso em 14 out. 2019.

[15] PROCEL – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica. Resultados do PROCEL – ano base 2018. Disponível em
<<http://www.procelinfo.com.br/main.asp?View={EC4300F8-43FE-4406-8281-08DDF478F35B}>>.
Acesso em 14 out. 2019.

[16] EPE – Empresa de Pesquisa Energética. Anuário estatístico de energia elétrica 2019 – ano base 2018. Disponível em
<<http://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/anuario-estatistico-de-energia-eletrica>>. Acesso em 25 dez. 2019.

[17] WBG – World Bank Group. Iluminando cidades brasileiras – modelos de negócio para eficiência energética em iluminação pública. Disponível em
<http://associacaoabcip1.hospedagemdesites.ws/wp-content/uploads/2018/03/1613639_EE_Lighting_Portuguese_Web.pdf>. Acesso em 6 nov. 2019.