

<http://dx.doi.org/10.48005/2237-3713rta2021v10n3p1832>

Potencial de eficiência dos sistemas de iluminação pública *

The potential for the energy efficiency improvement of street lighting systems

Alessandra da Costa Barbosa Pires Souza
Centro de Pesquisas de Energia Elétrica – CEPTEL
abarbosa@cepel.br

Marcio Zamboti Fortes
Universidade Federal Fluminense - UFF
mzamboti@id.uff.br

Maressa Tuponi Santos
Universidade Federal Fluminense - UFF
maressa@poli.uff.br

Vinicius Peixoto Medina
Universidade Federal Fluminense - UFF
viniciuspeixotomedina@hotmail.com

RESUMO ESTRUTURADO

O avanço das tecnologias, o conceito de internet das coisas, os requisitos de eficiência energética e a expectativa dos usuários por construções inteligentes, fez criar a necessidade de equipamentos de iluminação capazes de responderem a estímulos enviados por um sistema que os controla. A capacidade de controlar a luz e os sistemas de controle de iluminação são peças fundamentais para essa evolução. Este trabalho visa apresentar o potencial de redução do consumo através da eficiência dos sistemas de iluminação pública aliada a iluminação adaptativa com a automatização dos sistemas como ferramenta para aumentar a eficiência no monitoramento e na manutenção, através da instalação de luminárias preparadas para acesso remoto e de uma central de controle para acompanhamento do status de funcionamento de cada luminária e outros parâmetros que são possíveis de monitorar através de sensores, além de apresentar as motivações para cada agente envolvido na gestão da iluminação pública.

Palavras-chave: Eficiência Energética, iluminação pública, LED, iluminação adaptativa.

STRUCTURED ABSTRACT

The advancement of technologies, the concept of the Internet of Things, energy efficiency requirements and users' expectations for intelligent constructions, created the need for lighting equipment capable of responding to stimuli sent by a system that controls them. The ability to control light and lighting control systems are fundamental to this evolution. This work aims to present the potential for reducing consumption through the efficiency of street lighting systems combined with adaptive lighting with the automation of systems as a tool to increase the efficiency in monitoring and maintenance, through the installation of luminaires prepared for remote and remote access and a control center to monitor the operating status of each luminaire and other parameters that are possible to monitor using sensors, in addition to presenting the motivations for each agent involved in the management of street lighting.

*Received 18 April 2021; accepted in 31 March 2022; published online 13 April 2022.

Keywords: *Energy efficiency, street lighting, LED, adaptive lighting*

1. INTRODUÇÃO

As cidades estão entre os maiores consumidores de energia elétrica no mundo, respondendo por dois terços de todo o consumo e por mais de 70% das emissões globais de gases de efeito estufa. No ambiente urbano, em geral, os sistemas de iluminação constituem uma importante fonte de consumo de energia.

De fato, no Brasil, a iluminação pública representa mais de 4% do consumo total de energia do país, e o custo de energia para iluminação pública já representa o segundo maior item orçamentário de grande parte dos municípios, superado apenas pelos gastos com a folha de pagamento. Portanto, projetos de eficiência energética no setor de iluminação pública tem um papel importante para a redução de emissões das cidades, além de oferecer benefícios para o orçamento municipal (THE WORLD BANK, 2016).

O Brasil possui ao todo 5.570 municípios, sendo cada prefeitura responsável pela gestão do seu parque de IP. O Parque de IP brasileiro consiste em 16.133.115 pontos de iluminação, sendo que 96,72% dos pontos ainda usam tecnologias com alto consumo energético (ARAUJO et al., 2020). Portanto, existe um alto potencial de redução de consumo promovendo a efficientização dos sistemas de iluminação pública. A Tabela 1 caracteriza os pontos de iluminação do Brasil. O princípio de funcionamento de cada tipo de lâmpada, suas características e eficiência energética podem ser consultados no Manual de Iluminação do Procel de 2011.

Tabela 1: Parque de IPs dos Brasil (SIQUEIRA, 2019)

Tipo de Lâmpada	Quantidade	Participação
LED	529.001	3,28%
Vapor de Sódio	11.375.041	70,51%
Vapor de Mercúrio	1.715.169	10,63%
Mistas	366.157	2,27%
Multi-Vapor Metálico	871.076	5,40%
Incandescentes	51.512	0,32%
Fluorescentes	309.297	1,92%
Outras	915.842	5,67%
Total	16.133.115	100%

Factualmente, tem-se a utilização de lâmpadas de descarga de alta intensidade para iluminação pública, sendo vistas como soluções mais eficientes, ao compará-las com seus predecessores: lâmpadas incandescentes e fluorescentes. No entanto, para lâmpadas incandescentes e de descargas elétricas em gases, o processo de produção de luz está associado à elevação da temperatura, levando a uma alta taxa de perda. Ao mudar para sistemas modernos e mais eficientes, as contas de energia podem ter redução considerável e as emissões de carbono minimizadas (SILVA, 2006).

Muitas iniciativas foram tomadas por parte dos agentes envolvidos no setor para aumentar a eficiência energética da IP. Uma iniciativa que vale destacar foi o programa Reluz, do Programa Nacional de Conservação de Energia da Eletrobrás - Procel, iniciado em 2000, onde foram investidos aproximadamente R\$ 2 bilhões de reais em melhorias da iluminação pública de municípios especificamente selecionados, de acordo com os critérios de projeto, ao longo de todo o país. Mesmo após as diversas iniciativas, ainda se observa um grande potencial de melhoria.

A tecnologia do diodo emissor de luz (LED) na iluminação externa simboliza um grande avanço tecnológico. Características como alta eficácia luminosa, longa vida útil, alta resistência mecânica, alto índice de reprodução de cores, possibilidade de dimerização do fluxo luminoso e capacidade de emissão de luz branca são fatores que favorecem a aplicação dessa tecnologia na iluminação pública (ZUKAUSKAS et al., 2002). Além disso, são dispositivos que causam menores danos ambientais.

A aplicação de luminárias LED associadas a tecnologias que podem gerenciar a própria luminária e outros componentes ligados à IP podem representar um impacto econômico considerável neste setor.

Um sistema automatizado tem sua operação baseada no monitoramento e controle à distância dos pontos de luz, proporcionando a análise em tempo real dos parâmetros de qualidade dos sistemas de iluminação e detectando possíveis problemas funcionais e danos causados aos componentes, agilizando o processo de manutenção.

O Rio de Janeiro consome 60% mais em iluminação pública do que Nova York, embora tenha quase dois milhões de habitantes a menos que a metrópole norte-americana. Segundo um estudo recente, se as lâmpadas da iluminação pública desta cidade fossem substituídas por iluminação LED (diodos emissores de luz, de baixo consumo), poderiam ser economizados 255 milhões de reais por ano e 110.000 toneladas de emissões de CO₂ (THE WORLD BANK, 2016).

O objetivo do presente trabalho é propor a efficientização de um sistema de iluminação pública conhecido, substituindo a iluminação atualmente instalada pela tecnologia LED e automatizando o sistema para gerenciar a iluminação adaptativa e monitorar o desempenho do sistema. Avaliações elétricas e fotométricas foram feitas de acordo com as recomendações normativas, a fim de verificar a aplicabilidade ao sistema.

2. METODOLOGIA

Para este estudo inicialmente realizou-se uma revisão bibliográfica das normas e artigos relacionados ao tema, analisando o estado da arte atual.

Utilizando como base a Avenida Presidente Vargas localizada na cidade do Rio de Janeiro, elaborou-se um projeto luminotécnico para esta avenida para efficientização de sua IP. Para isso, foram levantados os dados de tipo e quantidade de pontos de iluminação, distância entre postes, altura dos postes, largura da via e da faixa de rolamento.

As simulações do projeto luminotécnico da via foram realizadas no software Dialux Evo.

Analisaram-se os resultados obtidos na simulação e a partir do projeto luminotécnico, foi proposta a nova iluminação da via, de acordo com a norma ABNT NBR 5101. Também foi proposta a utilização de luminárias dimerizáveis e a supervisão destas a partir de um centro de monitoramento remoto.

3. GESTÃO DA ILUMINAÇÃO PÚBLICA E AGENTES ENVOLVIDOS

A Resolução Normativa nº 414/2010 publicada em setembro de 2010 pela Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL, substituiu a Resolução nº 456/2000. Esta resolução estabelece as condições gerais de fornecimento de energia elétrica, descrevendo os direitos do consumidor, tempo para atendimento de cada serviço, parâmetros e índices de qualidade que a concessionária deve respeitar para fornecer um serviço de qualidade, e trata das regras e padrões que devem ser cumpridas pelos clientes.

O Artigo 218 da Resolução Normativa nº 414/2010 da ANEEL estabelece que os acervos de iluminação pública que estiverem registrados como Ativo Imobilizado em Serviço das concessionárias devem ser transferidos para a pessoa jurídica de direito público, sendo um dos argumentos para isso o determinado na própria Constituição Federal, além de garantir menor tarifa aplicável ao consumo de energia para a iluminação pública, visto que sob a responsabilidade das distribuidoras a tarifa aplicada é a B4b, que é cerca de 9,5% superior a B4a, utilizada onde os acervos pertencem aos municípios, com a finalidade de remunerar os serviços de manutenção e operação. Continua permitido às distribuidoras de energia prestar os serviços de operação e manutenção dos sistemas de iluminação, porém mediante concessão ou autorização por parte do poder público municipal.

Portanto, as tarifas de iluminação pública recolhidas na fatura de energia do cliente são integralmente repassadas às prefeituras. É responsabilidade da prefeitura realizar a manutenção necessária, instalação de novos pontos de iluminação, e repassar à concessionária apenas o valor referente ao consumo de energia das luminárias. Este valor é estabelecido pelo artigo 24 da Resolução Normativa nº 414/2010 da ANEEL. O cálculo do faturamento é baseado em uma média de horas de funcionamento das luminárias, estimado em 11h52min por dia. Esta média provém de informações fornecidas pelo anuário do Observatório Nacional, e os municípios que necessitam de cálculo específico podem solicitar ao Observatório e submeter a revisão à aprovação da ANEEL.

No dia 13 de agosto de 2019, foi publicada a Resolução Normativa nº 2.590/2019 da ANEEL que revisa o tempo utilizado para o cálculo do faturamento da iluminação pública nas situações em que não há medição instalada da distribuidora e o consumo é estimado a partir da carga instalada e do período de utilização.

Com a nova regra, cada município passa a ter um tempo específico para o faturamento da iluminação, variando de 11h22min a 11h29min, conforme sua latitude, sendo a média nacional de 11h27min, ou seja, uma redução média de 25 minutos ou de 3,5%, em relação ao tempo estabelecido na norma anterior, o que representará uma economia para os Municípios. As mudanças foram discutidas na Audiência Pública nº 56/2018, ocorrida no período de 6 de dezembro de 2018 a 4 de fevereiro de 2019, no âmbito da atividade nº 13 da Agenda Regulatória da ANEEL para o biênio 2019-2020. Foi estabelecido um prazo de 30 dias para alteração dos faturamentos subsequentes.

Em contrapartida, de acordo com os dados coletados pelo departamento de astronomia da Universidade de São Paulo (USP), a média anual da duração da noite no Rio de Janeiro foi de 11h53min. A tabela 2 indica a média mensal e anual da duração da noite dos últimos 5 anos baseado na planilha de dados da USP.

Tabela 2 – Duração média da noite no Rio de Janeiro (Médias mensais e anuais em HORAS:MINUTOS:SEGUNDOS)

Período	2020	2019	2018	2017	2016
Jan	10:38:25	10:38:36	10:38:47	10:38:58	10:38:24
Fev	11:08:27	11:08:45	11:09:03	11:09:21	11:08:25
Mar	11:48:10	11:47:09	11:47:28	11:47:48	11:48:07
Abr	12:27:32	12:26:36	12:26:54	12:27:12	12:27:30
Mai	12:59:35	12:58:56	12:59:09	12:59:21	12:59:33
Jun	13:15:00	13:14:53	13:14:55	13:14:57	13:14:59
Jul	13:06:45	13:07:14	13:07:05	13:06:55	13:06:46
Ago	12:38:29	12:39:30	12:39:14	12:38:57	12:38:41
Set	12:01:18	12:02:17	12:01:58	12:01:39	12:01:20
Out	11:21:33	11:22:31	11:22:13	11:21:54	11:21:36
Nov	10:46:37	10:47:20	10:47:07	10:46:53	10:46:39
Dez	10:28:55	10:29:03	10:29:01	10:28:58	10:28:56
Anual	11:53:25	11:53:34	11:53:34	11:53:35	11:53:25

Fonte: USP

De acordo com a resolução Normativa nº 2.590/2019 da ANEEL, o tempo médio no Rio de Janeiro é de 11h26min representando uma diferença de 3,79% ao valor medido pelo instituto de astronomia da USP. Essa diferença pode representar uma economia da ordem de milhões de reais.

De acordo com o Resumo Executivo do 5º bimestre de 2019 de São Paulo, em outubro de 2019 houve um consumo de 306.187 MWh de energia referente a iluminação pública na cidade de São Paulo. Considerando a tarifa B4a da distribuidora de energia local de R\$0,28357/kWh (TUSD+TE), se calcularmos que do total de consumo de IP, a diferença de 3,79% não foi remunerada, essa diferença de 3,79% representa uma perda de aproximadamente R\$ 3 milhões para a concessionária.

Neste cenário, o cálculo por média não remunera efetivamente às concessionárias pela energia fornecida à iluminação pública.

Na cidade do Rio de Janeiro, a gestão da iluminação pública é terceirizada e atualmente é executada pela empresa pública de capital fechado Riolut. Os consumidores podem solicitar reparo ou instalação de IP através do telefone 1746 ou pelo portal www.1746.rio/portal/servicos.

Conforme representado na Figura 1, em novembro de 2019, o terceiro serviço mais solicitado foi o reparo de lâmpada apagada.

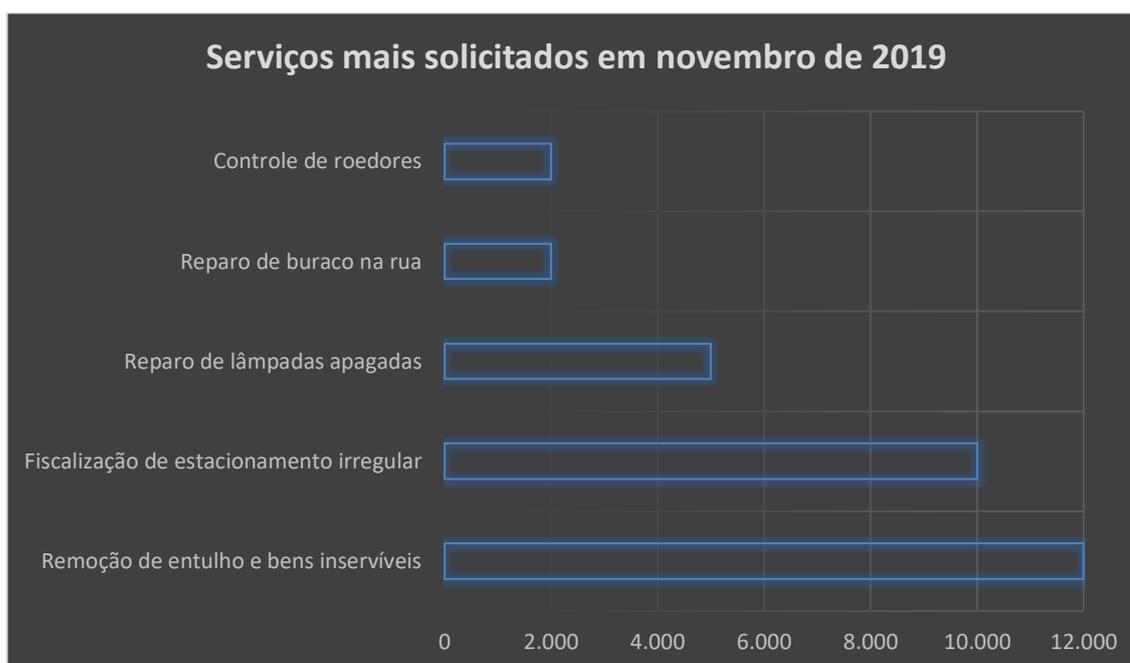


Figura 1 – Serviços mais solicitados em novembro de 2019. Fonte: Rio Prefeitura

Em 17 de outubro de 2019, a prefeitura do Rio iniciou o processo de licitação da Parceria Público-Privada (PPP) da Iluminação Pública, que terá investimento total de R\$1,4 bilhão. Esta parceria tem como objetivo modernizar o parque de iluminação da cidade, instalando lâmpadas de LED, sensores inteligentes, pontos de wi-fi e câmeras com reconhecimento facial (RIO PREFEITURA, 2019).

A implementação de sistema de iluminação inteligente com monitoramento em tempo real em cada ponto de iluminação permite a medição do consumo de energia contabilizando apenas a energia consumida no tempo que a luminária realmente está em funcionamento, o que permite uma cobrança justa para as concessionárias e para os municípios.

Para custear a IP, criou-se a Contribuição para Custeio do Serviço de Iluminação Pública (COSIP) instituída pela Lei nº 5.132, de 17 de dezembro de 2009, alterada pela de nº 6.311, de 28 de dezembro de 2017, tem a finalidade de custear o serviço de iluminação pública do Município.

O valor mensal da contribuição é tabelado de acordo com o consumo de energia elétrica mensal da unidade consumidora que é indicado na fatura emitida pela empresa concessionária de distribuição de energia elétrica do Município. Este valor é recolhido através da fatura de energia do cliente e integralmente repassado à prefeitura.

Os custos com IP são altos, pagos pela população que por sua vez, muitas vezes, não recebe um serviço de qualidade, além da remuneração da energia fornecida pelas concessionárias não ser suficiente.

Portanto, vê-se a necessidade de realizar estudos para diminuir os custos e aumentar a eficiência energética da iluminação pública.

4. ESTUDO DE CASOS

Para o estudo de caso foi escolhida a Avenida Presidente Vargas que é uma das avenidas principais do Centro da Cidade do Rio Janeiro, classificada como uma via V1, de acordo com a ABNT NBR 5101, devido ao volume de tráfego intenso, cruzamentos e travessias de pedestres.

Atualmente, a Avenida Presidente Vargas é composta por um total de 1.119 lâmpadas, que variam de 250 a 400 W. São utilizados dois tipos de lâmpadas: de vapor de sódio e metálicas. A Tabela 3 indica a quantidade de lâmpadas e suas características.

Tabela 3 – Características das lâmpadas existentes na Av. Presidente Vargas

Tipo de Lâmpada	Quantidade (un.)	Potência (W)	Perda (%)	Total (W)
<i>Vapor de Sódio</i>	30	250	12,0	8.400
<i>Vapor de Sódio</i>	49	400	9,5	21.462
<i>Metálica</i>	8	250	7,3	2.146
<i>Metálica</i>	1032	400	5,0	433.440

Fonte: Light

Segundo as informações fornecidas pela distribuidora de energia elétrica Light, responsável pelo abastecimento de energia da área, a avenida em questão possui um sistema de IP com aproximadamente 465 kW de potência instalada.

Porém, a simulação considera apenas o trecho da via entre a Prefeitura da Cidade e a Avenida Rio Branco, conforme mostrado na Figura 2.

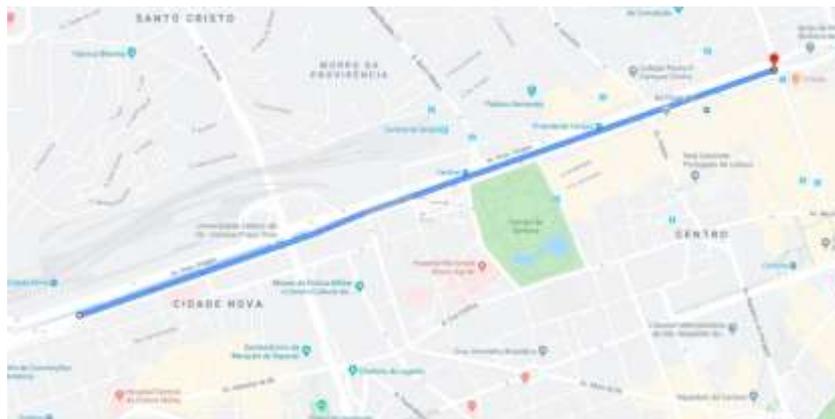


Figura 2 - Trecho da Av. Presidente Vargas utilizado na simulação

Para simplificação do projeto luminotécnico, foi considerada apenas a iluminação principal da via, isto é, apenas a iluminação dos canteiros centrais, sem levar em consideração a iluminação das áreas de conflito como cruzamentos, travessia de pedestres e áreas especiais, como o sambódromo.

A via apresenta 4 pistas separadas por canteiros, onde se localizam os postes para a iluminação, foram contabilizados neste trecho 151 postes, cada um com 4 pétalas de luminárias públicas com lâmpadas de multi vapor metálico de 400W, altura de montagem de 12 metros e espaçamento médio entre postes de 40 metros, totalizando 253,7 kW de potência instalada. A Figura 3 mostra os detalhes da via.



Figura 3: Av. Presidente Vargas (Fonte: Claudio Lara)

A. Cenário 1

Primeiramente, foi realizada a simulação do projeto luminotécnico da via aproveitando a infraestrutura existente e realizando apenas a mudança de tecnologia da iluminação de lâmpada de descarga para luminárias de LED. Foram analisadas diversas fotometrias de luminárias de diferentes potências e em função da infraestrutura existente para este caso foram utilizadas luminárias de LED de 196 W. A iluminância média obtida foi de 65 lux e uniformidade de iluminação da via de 0,33. O resultado da simulação pode ser visualizado na figura 4.



Figura 4 - Simulação do cenário 1 feita no Dialux Evo

B. Cenário 2

A legislação brasileira atual não prevê requisitos para iluminação adaptativa feita por dimerização ou tele gestão. Devido à preocupação com a segurança dos usuários da via, as discussões sobre tema apontam para a aceitação da iluminação adaptativa com redução do nível de iluminação apenas até a categoria inferior, ou seja, uma via classificada como V1, de acordo com a ABNT NBR 5101, poderia reduzir seu nível de iluminação até os requisitos de uma via classificada como V2. Outro fato que a legislação brasileira não prevê e deverá ser avaliado é a adaptação do olho humano na iluminação adaptativa e a percepção visual nas condições de baixa luminância, visto que as grandezas fotométricas convencionais são medidas por equipamentos calibrados segundo a resposta fotópica do olho (CASAGRANDE et al., 2018). Neste sentido, a luminária teve seu fluxo luminoso reduzido em aproximadamente 25 % apresentando potência de 146 W. A iluminância média obtida foi de 48 lux e uniformidade de iluminação da via de 0,33. O resultado da simulação pode ser visualizado na figura 5.



Figura 5 - Simulação do cenário 2 feita no Dialux Evo

5. RESULTADOS E ANÁLISE DOS DADOS

a. Análise fotométrica

Para as características de projeto considerando a infraestrutura existente, com o espaçamento entre postes grande e irregular, foi necessário utilizar uma luminária de potência superior que elevou a iluminância média da via, superando o dobro exigido pela ABNT NBR 5101 e não atingindo a uniformidade necessária.

Na situação de reclassificação da via com a iluminação adaptativa, a iluminância média se mantém superior ao dobro exigido pela norma, porém atendendo ao requisito de uniformidade, conforme mostra a tabela 4.

Tabela 4 – Avaliação fotométrica da via

	Classificação da via	Iluminância média mínima (lx)	Uniformidade mínima	Iluminância média medida (lx)	Uniformidade medida
<i>Cenário 1</i>	V1	30	0,4	65	0,33
<i>Cenário 2</i>	V2	20	0,3	48	0,33

b. Desempenho energético

A tabela 5 apresenta a redução do consumo de energia elétrica alcançada com a simples troca do sistema de iluminação por uma tecnologia mais eficiente.

Tabela 5 – Comparativo entre o sistema atual e o cenário 1 proposto

Sistema	POTÊNCIA (W)	Consumo diário (kWh)	Consumo mensal (kWh)	Custo mensal (R\$)
<i>Atual</i>	400	2.856	85.693	43.710
<i>Cenário 1</i>	196	1.333	39.990	20.398

A troca do sistema de iluminação por uma tecnologia mais eficiente reduziu o consumo de energia elétrica e, conseqüentemente, o custo com essa energia em 53%. Esse valor poderia ser ainda melhor, caso houvesse alteração na infraestrutura do sistema de iluminação. Para o cálculo do custo mensal foi considerado a tarifa de R\$ 0,51008 para o mês de novembro de 2019, disponível no site da Light, que representa a tarifa estipulada pela ANEEL mais a incidência dos impostos (ICMS, PIS e COFINS).

Considerando a iluminação adaptativa, na qual ocorreria a redução do fluxo luminoso das luminárias, em um período de menor movimentação na via, neste caso, por um período de 6 horas, das 00h às 06h, a redução do consumo de energia elétrica e custo seria de 60%, conforme mostra a tabela 6.

Tabela 6 – Comparativo entre o sistema atual e o cenário 2 proposto

Sistema	POTÊNCIA (W)	Consumo diário (kWh)	Consumo mensal (kWh)	Custo mensal (R\$)
<i>Atual</i>	400	2.856	85.693	43.710
<i>Cenário 2</i>	196/146	1.152	34.554	17.625

c. Perdas devido ao acionamento

Atualmente um dos pontos mais sensíveis dos sistemas de iluminação são os relés que atuam e desligam as fontes de luz.

O relé foto controlador é um componente muito importante na IP, pois está relacionado ao acionamento e desligamento das lâmpadas componentes do sistema.

O relé deve ser instalado apropriadamente, com o sensor de luz voltado para a posição correta, para evitar acionamento inadequado, evitando o desperdício de energia ou áreas não iluminadas. É um elemento sensível a surtos de tensão, por conseguinte deve ter proteção compatível conforme orientação da norma ABNT NBR 5123.

O monitoramento dos sistemas de iluminação pública por sensoriamento com as informações controladas por um centro operacional tende a evitar situações em que as luminárias ficariam acesas ou apagadas fora do horário previsto para funcionamento devido a situações de falhas no funcionamento do relé fotoelétrico, comprometendo a segurança dos usuários ou desperdiçando energia.

A figura 6 mostra luminárias públicas acesas durante o dia, acarretando manutenção não programada, muitas vezes em vias movimentadas, interferindo no trânsito da cidade.



Figura 6 – Luminárias acesa durante o dia

Essa barreira deve ser contornada com a modernização do sistema de iluminação através de luminárias LED com controle inteligente embarcado.

6. SISTEMA DE TELEGESTÃO

A implementação dos sistemas de tele gestão no sistema de iluminação pública está sendo bastante aguardado pelos gestores públicos, não só pelo aumento da eficiência energética como pela redução dos custos operacionais e de manutenção, o que irá melhorar também a qualidade do serviço prestado.

Esses sistemas estão em fase de desenvolvimento e por isso não será explorado neste trabalho e, também não será avaliado o desempenho e aplicação de nenhuma tecnologia específica.

De forma geral, os sistemas de tele gestão são compostos por um controlador de luminária, que permite o controle dinâmico e remoto da luminária, um controlador de segmento, que é um canal de comunicação das luminárias e o sistema de gestão central, que recebe as informações dos diversos segmentos do sistema. A Figura 7 mostra uma configuração típica de um sistema de tele gestão.

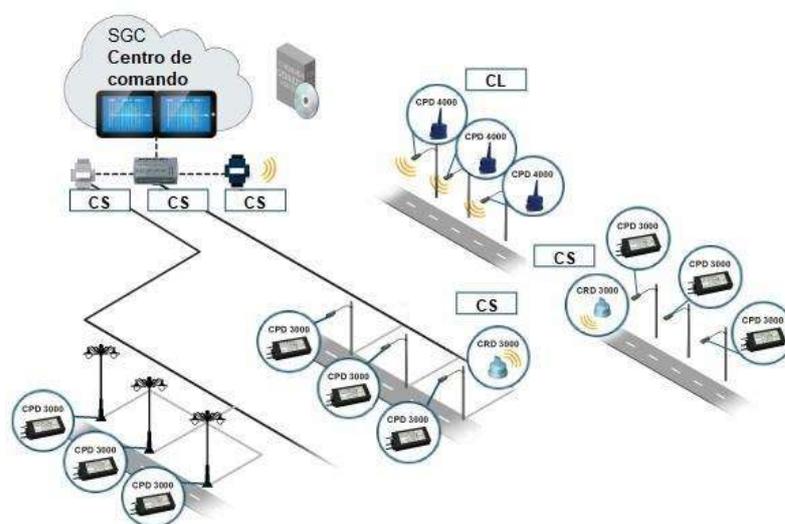


Figura 7 - Configuração típica de um sistema de tele gestão (Adaptado da internet)

O protocolo de iluminação *Digital Addressable Lighting Interface* (DALI), padronizado pela norma IEC 62386, é não proprietário, o que assegura a sua interoperabilidade com dispositivos de diversos fabricantes, e é o que tem sido mais utilizado atualmente, já existem muitas luminárias para iluminação pública com controlador que utiliza esse protocolo.

7. CONCLUSÃO

O projeto luminotécnico do sistema de iluminação pública deve ser bem elaborado e implementado corretamente, senão compromete seu desempenho fotométrico e energético.

Os postes utilizados nos sistemas de iluminação pública não são dedicados, são compartilhados com o sistema de distribuição de energia elétrica, serviços de telecomunicações, entre outros serviços, o que limita, muitas vezes, os projetos luminotécnicos e atendimento aos

requisitos mínimos das normas. A substituição das tecnologias existentes por LED não pode ocorrer pela simples troca dos produtos no poste, pois muitas vezes os requisitos mínimos da norma não são atendidos devido as características de cada tecnologia.

A efficientização do sistema de iluminação apenas com a substituição da tecnologia por LED sinaliza reduções consideráveis no consumo de energia elétrica, no exemplo deste estudo observa-se uma redução de 53%. Esse resultado pode ser melhor se houver a possibilidade de alteração da infraestrutura existente, como espaçamento entre postes e altura de montagem.

A implementação do sistema de iluminação adaptativa reduz ainda mais o consumo de energia e no caso apresentado a reclassificação da via em horário de menor movimentação gerou uma redução total em relação ao sistema atual de 60%.

O sistema automatizado traz benefícios no monitoramento do desempenho do sistema, auxiliando os agentes envolvidos na gestão do parque de iluminação pública. Os municípios passam a ter informações sobre os pontos de iluminação em tempo real, o que facilita a manutenção do sistema. As concessionárias conseguem monitorar o consumo de energia, também em tempo real, podendo melhorar a sua remuneração na prestação desse serviço. O poder público pode utilizar o sistema para monitorar outras variáveis que auxiliem, por exemplo na segurança pública. E os cidadãos ganham em qualidade de iluminação e segurança pública.

A eficiência energética de um bom projeto luminotécnico pode ser perder em função do uso de relés fotoelétricos de baixa qualidade ou instalados de forma incorreta.

Além da redução do consumo de energia a tecnologia LED promove a melhoria da qualidade da luz emitida, reduz os custos de manutenção e reduz a emissão de resíduos e elementos tóxicos.

A proposta do trabalho era demonstrar o potencial de redução do consumo de energia dos sistemas de iluminação pública, onde o cenário pode ser beneficiado com a adoção de um sistema automatizado para o controle da iluminação adaptativa de forma remota, por isso não foi explorada as tecnologias existentes para a implementação desse sistema.

Os gestores públicos poderão se aproveitar da infraestrutura dos sistemas de iluminação inteligentes para monitorar outros serviços da cidade como segurança, variáveis ambientais, tráfego de veículos e pedestres, aquisição de dados diversos que contribuirão para uma gestão urbana mais integrada.

Referências

ANEEL - AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Nova Regra da ANEEL Diminui Custo com Iluminação Pública.** 2019. Disponível em: https://www.aneel.gov.br/sala-de-imprensa//asset_publisher/zXQREz8EVIZ6/content/id/18947281 . Acesso em 16 dez 2019.

ANEEL - AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Resolução Normativa nº 414; 2019.** Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2010414.pdf> . Acesso em: 16 dez 2019.

ANEEL - AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Resolução Normativa nº 2590; 2019**. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/reh20192590ti.pdf> Acesso em: 16 dez 2019.

ARAUJO, J.F.; SILVA, L.L.; OLIVEIRA, L.B.; FORTES, M.Z.; BORBA, B.S.M.C.; COLOMBINI, A.C. Assessment of the Technological Update of Public Lighting in Brazil. **IEEE Latin America Transactions**, v. 18, 2020, p.985-991. doi: 10.1109/TLA.2020.9099674.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 5123:2016 - Relé Fotocontrolador Intercambiável e Tomada para Iluminação — Especificação e Ensaios**.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2018). **ABNT NBR 5101:2018 - Iluminação Pública – Procedimento**.

CASAGRANDE, C.; NOGUEIRA, F.; SALMENTO, M.; BRAGA, H. Efficiency in street Lighting Projects by Employing LED Luminaires and Mesopic Photometry. **IEEE Latin America Transactions**, v. 17, n. 6, 2019, p. 921-929. doi: 10.1109/TLA.2019.8896814.

COMPANHIA PARANAENSE DE ENERGIA - COPEL DISTRIBUIÇÃO. **Manual de Iluminação Pública**, 2012. Disponível em: https://hosting.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/Arquitetural/Ilumina%E7%E3o%20P%FAblica/Manuais/manual_de_iluminacao_publica_copel_companhia_paranaense_de_energia.pdf. Acesso em: 16 dez 2019.

ELETROBRAS CEPEL. **Manual de Iluminação – PROCEL EPP**. 2011.

ENEL. **Tarifa de Energia Elétrica**. 2019. Disponível em: <https://www.eneldistribuicao.com.br/para-sua-casa/tarifa-de-energia-eletrica> . Acesso em 12 dez 2019.

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Resumo Executivo: Dados de Produção e Consumo de Energia Elétrica, Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente**, 2019. Disponível em: http://dadosenergeticos.energia.sp.gov.br/portalsev2/intranet/BiblioVirtual/eletrica/Resumo_Executivo_EE.pdf . Acesso em 15 jan 2020.

LOE, D.L. Energy efficiency in lighting-considerations and possibilities, **Lighting Research and Technology**, v. 41, n. 3, 2009, p. 209–218. doi: 10.1177/1477153509338884.

RICHARDS, M.; CARTER, D. Good lighting with less energy: Where next?, **Lighting Research and Technology**, v. 41, n.3, 2009, p. 285. doi: 10.1177/1477153509343493.

RIO PREFEITURA. **Estatísticas dos Serviços 1746, Central de Atendimento 1746**. Disponível em: <https://rio1746.metasix.solutions/portal/estatistica> . Acesso em 05 jan 2020.

RIO PREFEITURA. **Prefeitura do Rio Inicia Licitação da PPP da Iluminação Pública nesta Quinta-Feira**. Disponível em: <http://prefeitura.rio/rioluz/prefeitura-do-rio-inicia-licitacao-da-ppp-da-iluminacao-publica-nesta-quinta-feira/> Acesso em 16 dez 2019.

RIO PREFEITURA. **COSIP - Contribuição para Custeio do Serviço de Iluminação Pública**. Disponível em: <http://www.rio.rj.gov.br/web/smf/exibeconteudo?id=734623> . Acesso em 16 dez 2019.

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

SIQUEIRA, M.C. Procel Reluz – Resultados da Chamada Pública e Outras Ações. In: **III Workshop de iluminação a LED do CEPEL**, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2019.

THE WORLD BANK (2016). **Iluminando Cidades Brasileiras - Modelos de negócio para Eficiência Energética em Iluminação Pública**. Energy Sector Management Assistance Program, Washington: USA.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO – USP. **Nascer e Ocaso do Sol (2011 - 2025)**. Departamento de Astronomia. Disponível em: <https://www.iag.usp.br/astronomia/nascer-e-ocaso-do-sol> . Acesso em 15 dez 2019.

ZUKAUSKAS, A.; SHUR, M.S.; GASKA, R. **Introduction to Solid-State Lighting**. New York, NY, USA: John Willey & Sons, 2002. ISBN: 978-0-471-21574-5.