

**Aspectos Socioambientais da Remodelação da Iluminação Pública -
Estratégias da Cidade do Recife-PE**

*Socio-environmental Aspects of Public Lighting Remodeling - Strategies of the City of
Recife-PE*

*Aspectos Socioambientales de la Remodelación del Alumbrado Público - Estrategias de
la Ciudad de Recife-PE*

Marília Dantas da Silva

Doutora em engenharia civil, UFPE
Diretora Presidente, EMLURB – Autarquia de Manutenção e Limpeza do Recife - PE, Brasil
mariliad@recife.pe.gov.br

Lúcio Luiz Fidélis de Freitas Júnior

Pós graduado em Engenharia elétrica,
Especialista em Engenharia Elétrica,
luciofidelis@hotmail.com

RESUMO

A escolha de soluções técnicas sustentáveis como a tecnologia LED para iluminação pública e incremento da política de gestão na manutenção do parque, com o processo de logística reversa dos resíduos sólidos retirados, trazem vários benefícios socioambientais. Este artigo objetiva mostrar os principais aspectos socioambientais da remodelação da iluminação pública e as estratégias utilizadas na cidade do Recife, identificando resultados e vantagens alcançados. Onde foram utilizadas informações integrais do parque de iluminação da cidade atualizadas, obtidas através de cadastro geoprocessado dos ativos, para realizar planejamento otimizado das ações a serem tomadas. Também foram contabilizados os ganhos pela redução do consumo de energia e seus impactos socioeconômicos no município e os benefícios adquiridos na gestão, como a integração dos dados de manutenção, monitoramento em tempo real e logística reversa quando da mudança de tipologia da iluminação. A metodologia do projeto Ilumina Recife, realizou a instalação de 80.017 novos pontos luminosos de iluminação pública em LED nos grandes corredores, periferias, praças e parques da cidade. Os resultados da remodelação do parque de iluminação pública confirmaram um menor consumo de energia elétrica, redução de emissão de CO₂, otimização dos gastos em manutenção corretiva e na produção de resíduos sólidos provenientes da manutenção, além da redução de criminalidade em áreas mais sensíveis da cidade com melhoria no conforto visual aos transeuntes do município, com o aumento na densidade de fluxo luminoso e na temperatura de cor na iluminação, estimulando o desenvolvimento de atividades noturnas, compatibilizando dessa forma a eficiência econômica com bem-estar e cidadania.

PALAVRAS-CHAVE: Iluminação pública. Gestão pública. Socioambiental.

SUMMARY

The choice of sustainable technical solutions such as LED technology for public lighting and the increase in the park's maintenance management policy, with the reverse logistics process for solid waste removed, bring several socio-environmental benefits. This article aims to show the main socio-environmental aspects of public lighting remodeling and the strategies used in the city of Recife, identifying results and advantages achieved. Where full information of the updated city lighting park was used, obtained through a geoprocessed asset register, to carry out optimized planning of the actions to be taken. Gains from reducing energy consumption and its socioeconomic impacts on the municipality and the benefits acquired in management, such as the integration of maintenance data, real-time monitoring and reverse logistics when changing the lighting typology, were also accounted for. The methodology of the Ilumina Recife project installed 80,017 new LED public lighting points in the city's large corridors, outskirts, squares and parks. The results of the remodeling of the public lighting park confirmed a lower consumption of electricity, reduction of CO₂ emissions, optimization of expenses in corrective maintenance and in the production of solid waste from maintenance, in addition to the reduction of crime in more sensitive areas of the city with an improvement in visual comfort for passers-by in the city, with an increase in the density of luminous flux and in the color temperature of the lighting, stimulating the development of night activities, thus reconciling economic efficiency with well-being and citizenship.

KEYWORDS Street lighting. Public Management. Socioenvironmental.

RESUMEN

La elección de soluciones técnicas sostenibles, como la tecnología LED para el alumbrado público y el aumento de la política de gestión del mantenimiento del parque, con el proceso de logística inversa de la eliminación de residuos sólidos, aportan varios beneficios socioambientales. Este artículo tiene como objetivo mostrar los principales aspectos socioambientales de la remodelación del alumbrado público y las estrategias utilizadas en la ciudad de Recife, identificando resultados y ventajas alcanzadas. Donde se utilizó la información completa del parque de iluminación de la ciudad actualizado, obtenida a través de un registro de activos geoprocésado, para realizar una planificación optimizada de las acciones a tomar. También se contabilizaron las ganancias por la reducción del consumo de energía y sus impactos socioeconómicos en el municipio y los beneficios adquiridos en la gestión, como la integración de datos de mantenimiento, monitoreo en tiempo real y logística inversa al cambiar la tipología de iluminación. La metodología del proyecto Ilumina Recife instaló 80.017 nuevos puntos de alumbrado público LED en los grandes corredores, periferias, plazas y parques de la ciudad. Los resultados de la remodelación del parque de alumbrado público confirmaron un menor consumo de energía eléctrica, reducción de emisiones de CO₂, optimización de gastos en mantenimiento correctivo y en la producción de residuos sólidos provenientes del mantenimiento, además de la reducción de la delincuencia en áreas más sensibles de la ciudad con una mejora del confort visual de los transeúntes en la ciudad, con un aumento de la densidad del flujo luminoso y de la temperatura de color de la iluminación, estimulando el desarrollo de actividades nocturnas, conciliando así eficiencia económica con bienestar y ciudadanía.

PALABRAS CLAVE: Alumbrado público. Gestión pública. Socioambiental.

1 INTRODUÇÃO

A cidade do futuro deve pensar em economia e meio ambiente resilientes, descobrindo formas de ajudar e transformar o futuro do planeta, planejando soluções baseadas no bem-estar das pessoas, na natureza e no desenvolvimento de cidades mais saudáveis e sustentáveis. O planejamento urbano sustentável é uma autêntica necessidade para a gestão de quaisquer esferas, sejam governos municipais, estaduais ou federais (Ipea, 2016).

Muitos dos serviços públicos que são necessários numa cidade são pressionados a buscarem soluções para minimizar os problemas ambientais e melhorar o bem-estar social, trazendo mais satisfação e qualidade na prestação destes serviços. Dentre os serviços essenciais que passam pela necessidade de apresentação destes resultados socioambientais, podemos destacar a iluminação pública.

A NBR 5101:2018 define a iluminação pública como sendo um serviço que tem o objetivo de prover luz ou claridade artificial aos logradouros públicos no período noturno ou nos escurecimentos diurnos ocasionais, inclusive aqueles que necessitam de iluminação permanente no período diurno.

A iluminação pública é um serviço essencial à população por sua característica de proporcionar um melhor aproveitamento e uma maior qualidade de vida no período noturno, sendo diretamente relacionada à segurança pública e ao embelezamento das cidades. Ao levar em consideração a qualidade do espaço público, verifica-se a presença de diferentes tipos de usuários em ambientes noturnos como consequência da diversificação de atividades ali presentes, a fim de aumentar as interações sociais entre os indivíduos (JACOBS, 2000).

A escolha de soluções técnicas sustentáveis como a tecnologia LED para iluminação pública e um incremento da política de gestão na manutenção do parque, com o processo de logística reversa dos equipamentos retirados trazem vários benefícios no aspecto socioambiental, tais como: a melhoria da qualidade da iluminação, redução do volume de resíduos sólidos gerados pelos equipamentos retirados do sistema de iluminação da cidade após a realização de manutenção, redução no consumo de energia elétrica e consequentemente da emissão de gases de efeito estufa na atmosfera (Rodrigues, 2007). Pelo fato de o município do Recife possuir 98.565 pontos luminosos de iluminação pública, a gestão pública se preocupou em promover as melhorias que se fazem necessárias na prestação deste serviço para alcance dos resultados citados acima.

Para Mascaró (2006), é necessário levar em consideração a relação da iluminação noturna com a segurança do usuário, a fim de facilitar o trajeto no ambiente. Espaços públicos mal iluminados são evitados por parte da população e são vistos como perigosos e propensos à ocorrência de atos de vandalismo e criminalidade, havendo necessidade de realização de rondas de segurança e sendo assim, há uma baixa utilização da população para passar seu tempo livre ou interagirem socialmente. Enquanto inicialmente a iluminação esteve vinculada à geração de espaços mais seguros, foi possível observar um avanço no entendimento dos espaços como sendo também noturnos, a fim de buscar novos usuários que os utilizem em diferentes horários do dia (SANTOS, 2014). Locais com iluminação mais adequada são capazes de ajudar a mudar a questão da ocupação do espaço público, além de proporcionar segurança e conforto para as pessoas e é papel da gestão municipal interferir quanto à urbanização e utilização dos espaços urbanos de forma ordenada e funcional.

Figura 1 - Uma das áreas contemplada pela nova iluminação pública em LED – Comunidade do Bode, Recife/PE 2019.



Fonte: Autores,2023.

Considerando-se a importância da temática, antes mesmo da conclusão da remodelação dos 100% do sistema de iluminação pública da cidade do Recife, entre os anos de 2017 e 2020, já foram verificados vários aspectos e impactos relevantes à gestão socioambiental, objetivo deste artigo indicando as principais vantagens proporcionadas.

2 CARACTERÍSTICAS DO PARQUE DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA NA CIDADE DO RECIFE

A cidade do Recife possui um sistema de iluminação pública composto por 98.565 pontos luminosos. Com área territorial de 218,75 km², a capital de Pernambuco é dividida em seis Regiões Político Administrativas (RPA's), constituídas por 94 bairros. A atual carga elétrica instalada pertencente à rede de IP é de cerca de 8,48 MW e, em condições normais, o consumo médio mensal de energia é da ordem de 3,02 GWh/mês.

Tabela 1 - Evolução da tipologia do sistema de iluminação pública da cidade do Recife entre os anos de 2017 a 2020.

Tipo	Quantidade em 2017	Quantidade em 2018	Quantidade em 2020
Vapor de sódio (VS)	87.897	84.874	15.419
Vapor metálico (VM)	5.975	5.074	3.056
Light-emitting diode (LED)	2.281	7.909	80.017
Outras tipologias	60	0	73
TOTAL	96.213	97.857	98.565

Fonte: Autores,2023.

Tabela 2 - Evolução da carga instalada e do consumo de energia do sistema de iluminação pública da cidade do Recife entre os anos de 2017 e 2020.

Ano	Carga instalada da rede [MW]	Consumo médio mensal [GW/mês]
2017	16,04 MW	5,71 GW/mês
2018	14,61 MW	5,20 GW/mês
2020	8,48 MW	3,02 GW/mês

Fonte:Autores,2023.

Conforme apresentado na tabela 1, em 2017, o sistema de iluminação pública da cidade era composto majoritariamente por lâmpadas de vapor de sódio, que era a tecnologia mais eficiente na época, antes da consolidação da tecnologia LED, com 91% do total dos ativos de iluminação pública, totalizando 87.897 pontos luminosos. As lâmpadas de vapor metálico, utilizadas principalmente em iluminação de destaque de monumentos, praças, parques, campos e algumas vias arteriais da cidade, vinham em seguida, com 6% de percentual de composição, totalizando 5.975 pontos. Em relação aos equipamentos com tecnologia LED, que durante este período estava em processo de maturação tecnológica e estabilização de valores econômicos de mercado, o sistema possuía 2.281 pontos, sendo pouco mais de 2% da composição do sistema de iluminação daquele ano. Analisando a tabela 2 e comparando com os dados da tabela 1, é evidenciado que há uma relação inversamente proporcional entre o avanço da eficiência nos equipamentos da cidade e a carga instalada e, conseqüentemente, no consumo de energia. Através desta métrica, tem-se mensuração atualizada quando aos benefícios desta ação.

Sabendo que o processo de remodelação do sistema de iluminação pública na cidade do Recife está diretamente relacionado às questões socioambientais, optou-se por executar esta remodelação em LED, trazendo com isso as seguintes vantagens: Assegurar uma convivência razoável e segura entre os pedestres e os motoristas de automóveis, que pode ser obtida a partir da melhoria dos níveis luminotécnicos (iluminância, uniformidade, luminância, temperatura de cor da luz e índice de reprodução de cores) obtidos para as vias públicas da cidade; Temperatura de cor, proporcionando conforto e acuidade visual de acordo com a classificação das áreas públicas e finalidade da ocupação destes espaços; Melhor IRC – Índice de Reprodução de Cores, permitindo a visualização do ambiente de forma mais fidedigna com a realidade, alcançando uma iluminação mais adequada aos ambientes, proporcionando segurança e conforto aos espaços públicos; Aumentar na vida útil dos equipamentos utilizados, logo, menor necessidade de manutenção do sistema e conseqüentemente, a redução na quantidade de resíduos gerados pela prestação deste serviço, após a realização das manutenções destes equipamentos; Menor consumo de energia elétrica pelos ativos de iluminação pública e conseqüente redução dos custos da administração pública para gestão do serviço de iluminação pública da cidade; Reduzir a emissão de gases de efeito estufa, em especial o CO₂, auxiliando no combate aos problemas gerados pelo aquecimento global e mudanças climáticas; Além da possibilidade de aplicação de conceitos inovadores de smartcities, como o IOT (Internet of Things ou internet das coisas), permite a integração entre as tecnologias de diversos serviços públicos a partir da complementar instalação de dispositivos de telegestão nas luminárias instaladas no Recife, permitindo também a redução dos custos com o consumo de energia elétrica dos ativos de iluminação pública pela funcionalidade de dimerização, apresentada por estes dispositivos e a gestão mais eficiente, proativa e inteligente da manutenção da iluminação pública da cidade.

3 METODOLOGIA: USO DE INDICADORES E SUAS APLICAÇÕES NA ILUMINAÇÃO PÚBLICA

3.1 Redução do consumo de energia

Com o conhecimento da escassez de recursos naturais cada vez mais difundida entre a sociedade, é papel da gestão pública atribuir diretrizes para a otimização dos mesmos e a

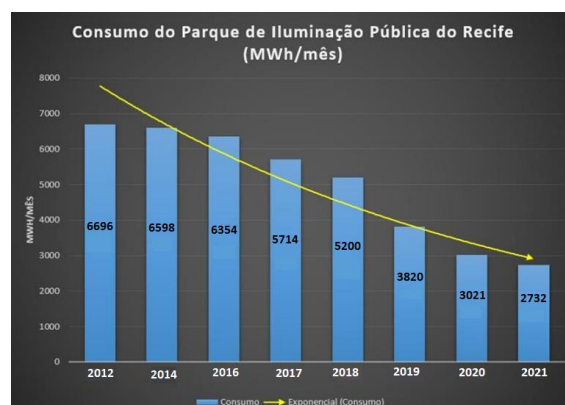
eficiência no consumo de energia elétrica é uma boa alternativa para esse fim, devido ao avanço tecnológico de componentes eletrônicos e demais equipamentos elétricos. O LED não é uma lâmpada, e sim, um dispositivo eletrônico (diodo emissor de luz) que emite luz num espectro e comprimento de onda visível. Com essa evolução, os parâmetros de eficiência obtidos por tecnologias antigas com aplicação em iluminação foram superados. Demoraram-se alguns anos para que a tecnologia LED pudesse ser utilizada em larga escala nos ambientes que requeriam iluminação pública, principalmente na espera de consolidação dessa tecnologia e uma melhor relação técnico-econômica na implantação de novos projetos, uma vez que no lado ambiental já era notório o seu benefício. Com a utilização massiva de equipamentos LED de boa qualidade pelos agentes públicos, com eficiência até 80% maior do que as lâmpadas de vapor de sódio (Comissão européia, 2020), nos casos aplicados em Recife, percebem-se não só melhoria nos aspectos ambientais da cidade, mas também em outros temas sociais.

O programa Ilumina Recife tem como objetivo a modernização e efficientização de todo o sistema de iluminação pública do município do Recife, como consequência disto, já tem ocorrido uma significativa redução do consumo energético dos ativos da cidade. Esta redução do consumo tem trazido benefícios tanto no âmbito econômico quanto ambiental.

De janeiro de 2017 até outubro de 2020 a Prefeitura do Recife realizou a substituição de 80.017 luminárias para lâmpadas com tecnologias vapor metálico e vapor de sódio de alta pressão por luminárias com tecnologia LED, mais eficientes, robustas, seguras e modernas. O quantitativo remodelado representa 81,18% dos 98.565 existentes no sistema de iluminação da cidade.

Na figura 2 observa-se o progresso do consumo de energia elétrica da iluminação pública do Recife e de lá é possível notar uma diferença de 2,693 GWh.mês entre os consumos de energia nos anos de 2017 e 2020, com previsão de redução de 2,982 GWh.mês ao final do programa, quando 100% do sistema de iluminação pública da cidade estiver atualizado por luminárias com tecnologia LED, redução esta, que representará um montante de 35,784 GWh.ano, aplicando a tarifa atual com impostos, este montante representa um total de R\$ 16.395.247,60/ano economizados pela prefeitura, quando comparado ao que seria pago, caso os equipamentos de iluminação não tivessem sido remodelados e a composição do sistema de iluminação da cidade fosse idêntica à do ano de 2017. Essa economia de energia elétrica corresponde ao consumo anual da cidade de Barreiros-PE, que possui pouco mais de 42 mil habitantes.

Figura 2 - Gráfico de previsão de consumo após substituição das luminárias da cidade por LED.



Fonte: Autores, 2023.

3.2 Melhoria em gestão

Segundo Borges (2000), a manipulação integrada de dados gráficos e não gráficos, juntamente com a possibilidade de análises espaciais, pode orientar as tomadas de decisão e o planejamento, além de auxiliar na avaliação da eficácia das políticas públicas de intervenção.

Devido à grande quantidade de dados obtidos na elaboração do cadastro de ativos de iluminação da cidade, é imprescindível o uso de softwares e interfaces tecnológicas para análises geoprocessadas, que permite um estudo de forma mais dinâmica e compatibilizada com a geografia da cidade, apontando possíveis problemas e características particulares a zonas específicas do município (Freitas et al, 2020).

Na figura 3, os pontos em amarelo, azul e branco indicam a presença de lâmpadas de descarga de vapor de sódio, lâmpadas de descarga de vapor metálico e LED, respectivamente. Nota-se que houve um avanço significativo na remodelação dos pontos de iluminação do Recife nos últimos anos.

Figura 3 - Evolução do mapa de distribuição de pontos de iluminação pública da cidade do Recife dos meses de setembro de 2017, 2019 e 2020, respectivamente.



Fonte: Autores,2023.

O cadastramento georreferenciado e sua contínua atualização são de extrema relevância tendo em vista a necessidade de se obter a localização precisa para cada ponto de IP instalado em ruas, avenidas, viadutos, travessas, parques, praças e outros logradouros. Portanto, tal cadastramento contribui para dimensionar o valor das despesas com energia elétrica, subsidiar contratações mais eficientes quanto à manutenção corretiva e preventiva de todo o sistema e servir como ponto de partida para a definição de novos projetos de remodelação que gerem benefícios para a administração pública e principalmente para a população.

Segundo Rosito (2009), a importância do sistema de gestão de iluminação pública também está no poder da informação. Isto remete à forma que estas informações serão utilizadas, quem as detém e a propriedade dos dados do sistema. Estas definições irão determinar o sucesso da implantação do sistema e sua continuidade ao longo do tempo.

Outro aspecto importante é a gestão de resíduos sólidos e logística reversa na realização na troca do parque de iluminação. Quando do recolhimento dos equipamentos antigos, tem-se cuidado no seu condicionamento e transporte até a sua entrega no almoxarifado, de forma a evitar danos e afetar sua vida útil. É realizada uma triagem de todos os equipamentos recolhidos, onde são separados entre materiais em funcionamento, os que apresentaram falhas e defeitos que podem ser revertidos e os que devem ser descartados. Há

algumas opções para os materiais retirados do sistema de iluminação pública da cidade: em primeiro lugar serão novamente utilizados na manutenção do parque de iluminação da cidade, desde que atestados pela equipe técnica responsável pelo laboratório da equipe responsável, no caso da Cidade do Recife, a responsabilidade é da EMLURB (Autarquia de Manutenção e Limpeza Urbana), podem ser realizadas doações justificadas ou locais com alguma finalidade social, que possuem ativos com lâmpadas de descarga e estruturas mais antigas, ou podem ser leiloados para que empresas especializadas em reciclagem e reutilização de insumos que compõem esses equipamentos possam fazer seu reaproveitamento de forma mais eficaz.

3.3 Redução da emissão de CO₂

Entendendo os riscos e as consequências que as mudanças climáticas causam na cidade e no mundo, é possível se preparar para o futuro, prevenindo a redução das emissões de gases do efeito estufa e sobretudo melhorando a qualidade de vida das pessoas.

A gestão pública pode encontrar na solução de eficientização do sistema de iluminação utilizando a tecnologia LED, importantes resultados atrelados à sustentabilidade, por isso, em 2019, foi apresentado pela Prefeitura da Cidade do Recife o Plano de Adaptação na Conferência Brasileira de Mudança do Clima. (PCR, 2019)

O Plano de Adaptação Climática reúne 14 medidas de adaptação debatidas com a sociedade e grupo técnico da Prefeitura do Recife para aumentar a resiliência nos pontos mais críticos, o relatório inclui seis principais vulnerabilidades às futuras consequências da mudança climática: inundações, deslizamentos, doenças transmissíveis, ondas de calor, seca meteorológica e elevação do nível do mar. As análises foram divididas pelas seis Regiões Político Administrativas (RPAs) compostas, ao todo, por 94 bairros, com um ranking dos mais afetados pelo clima devido às futuras consequências de sua mudança. (PCR,2019).

Segundo a composição da matriz energética elétrica brasileira é composta de sua maioria de energias renováveis, em contraponto da matriz elétrica mundial, integrado majoritariamente de combustíveis fósseis. (EPE, 2020). Apesar disso, as fontes de energias renováveis também têm outros impactos ambientais como o alagamento de áreas de matas nativas na construção de usinas hidrelétricas, por exemplo, interferindo em microclimas locais. Devido a isso, a redução na emissão de dióxido de carbono é diretamente proporcional a eficiência obtida na diminuição de consumo de energia da cidade, com a troca do parque de iluminação.

A escassez de recursos naturais, o quadro econômico de instabilidade e um processo competitivo global pelo qual tem passado a sociedade nestes últimos tempos, tem exigido a minimização dos custos, otimizando os investimentos, levando-nos inexoravelmente à conservação de energia nos setores industrial, comercial, e residencial e conseqüentemente a redução das emissões de CO₂ provenientes do Consumo de Energia Elétrica. A conservação de energia é mais do que uma questão de custos, é também uma questão ambiental, contribuindo definitivamente para a preservação do meio ambiente. (CORDEIRO, 2015).

A melhoria da eficiência energética é considerada como a forma mais rápida e mais barata de reduzir as emissões de CO₂, ela é vista como uma das medidas mais promissoras para a redução global das emissões de CO₂. (SAVOLAINEN, 2004).

Conforme metodologia descrita pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações – Método da análise de despacho (2020), foi obtido o fator de emissão médio anual em

tCO₂/MWh, que indica a relação entre consumo de energia e emissão de toneladas de CO₂ emitidas naquele ano. Esse fator se alterna a medida que as fontes de geração se alternam a cada ano. Quanto maior a utilização pelo Sistema Interligado Nacional de fontes limpas ou renováveis de energia como eólica, solar e hidroelétrica, menor será a emissão de CO₂ naquele ano. A tabela 3 mostra a redução na emissão de CO₂ obtida através da implantação do programa Ilumina Recife, tendo a expectativa na redução na emissão de 3.866 toneladas de CO₂ por ano, a partir de 2022, quando realizada a remodelação de todo o sistema de iluminação da cidade.

Tabela 3 - Relação entre a variação no consumo de energia do sistema de iluminação pública da cidade do Recife e sua respectiva emissão de CO₂ entre os anos de 2017 a 2021.

Intervalo anual	Varição no consumo médio anual [MWh/ano]	Fator de Emissão Médio [tCO ₂ /MWh]	Redução anual na emissão de CO ₂ [tCO ₂]	Redução acumulada na emissão de CO ₂ [tCO ₂]
2017-2018	- 6.170	0,1370	845,29	845,29
2018-2020	- 26.150	0,1020	2667,3	3.512,59
2020-2021	- 3.470	0,1020	353,94	3.866,53

Fonte: Autores,2023.

Na elaboração da tabela 3, foi utilizada o fator de emissão médio de 2019 nas projeções de 2018-2020 e 2020-2021, por ser o último valor atualizado disponível.

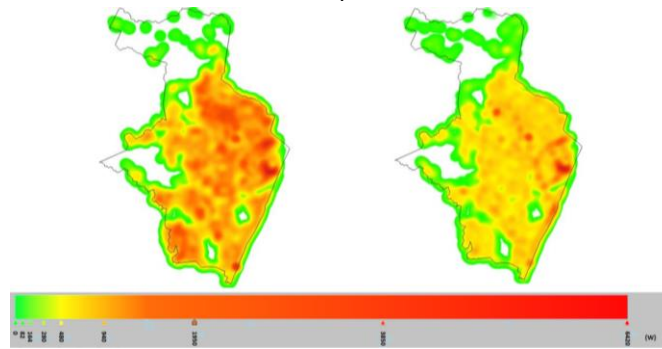
Conforme calculadora de CO₂, disponibilizada pelo Tribunal de Justiça do Estado do Paraná (2020), para cada tonelada de CO₂ emitidos é necessário o plantio de 7,14 árvores para neutralizar o efeito nocivo desses gases na atmosfera. Com isso, a prefeitura da cidade do Recife já alcançou com a remodelação do sistema de iluminação pública o equivalente ao plantio de 25.080 árvores, podendo alcançar o equivalente a 27.607 árvores plantadas no município quando da remodelação eficiente de todo o sistema de iluminação, fazendo sua parte para preservação do ecossistema da cidade e consequentemente do planeta.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Eficientização

Economizando até 80% de energia elétrica e possuindo alta durabilidade, tornando-se uma opção rentável para uso na iluminação pública, a tecnologia LED pode ser utilizada em praticamente qualquer estrutura da rede pública. O termo “Kernel” faz referência a um método estatístico de estimação de curvas de densidades. Neste método cada uma das observações é ponderada pela distância em relação a um valor central, o núcleo. De forma simples, o Mapa de Kernel é uma alternativa para análise geográfica do comportamento de padrões. A elaboração do mapa é constituída por métodos de interpolação, onde a intensidade pontual de determinado grupo de pontos consegue ilustrar, para uma análise e visão macro, fenômenos em toda a região de estudo. Assim, tem-se uma visão geral da intensidade do processo em todas as regiões do mapa.

Figura 4 - Mapas de calor referentes às densidades de potência instaladas dos pontos de iluminação pública na cidade do Recife nos meses de setembro de 2017 e 2020, respectivamente.

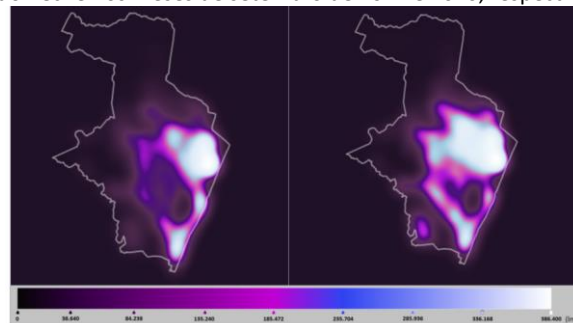


Fonte: Autores,2023.

Na figura 4, tem-se a representação da densidade de potência instalada em Watts de toda a carga referente à iluminação pública na cidade, onde a indicação de cor vai da cor verde a laranja, indicando um gradiente de crescimento na intensidade de potência. É possível perceber que entre os anos de 2017 e 2020 houve um clareamento do mapa de calor, indicando que houve uma efetiva redução na potência instalada no sistema de iluminação da cidade.

Além da eficiência energética, esta remodelação implica em mais alguns benefícios para a população, uma vez que a melhoria no conforto ambiental somente é obtida através da melhoria na projeção do fluxo luminoso, correção da temperatura de cor, aumento no índice de reprodução de cores da fonte de luz utilizada, entre outras. A principal vantagem do LED em relação às demais tecnologias é que ele une o alto rendimento na conversão de energia consumida em fluxo luminoso com uma adequada temperatura de cor (4.000 K), fazendo que o clima noturno tome características mais similares a luz do dia, estimulando a ocupação de espaços urbanos. Além disso, ele possui vida útil muito superior as lâmpadas de descarga, diminuindo a duração e a frequência de interrupção individual em cada ponto de iluminação.

Figura 5 - Mapas de calor referentes às densidades de fluxos luminosos dos pontos de iluminação pública na cidade do Recife nos meses de setembro de 2017 e 2020, respectivamente.



Fonte: Autores,2023.

A figura 5 ilustra a densidade de fluxo luminoso dos pontos de iluminação pública da cidade, onde sua variação de crescimento é indicada através da variação entre as cores preta e branca, conforme indicado em escala. Analisando a mesma, pode-se verificar que houve um incremento significativo no nível de fluxo luminoso da cidade, pois a mancha branca, que representa níveis mais altos de fluxo luminoso está mais espalhada, indicando que, a redução do consumo de energia foi concebida em conjunto com aumento dos níveis de iluminação e

distribuição do fluxo luminoso por área da cidade. É importante ressaltar que no mapa à esquerda da figura 5, a grande intensidade de fluxo luminoso não atrelada a uma boa uniformidade e índice de reprodução de cores das luminárias faziam com que a percepção de qualidade da iluminação não fosse boa, diferentemente da obtida com a remodelação da iluminação pública para LED que trouxe à população uma maior acuidade visual e consequentemente uma melhor e maior sensação de segurança, facilitando a ocupação dos espaços públicos no período noturno e a redução da criminalidade em grande parte das comunidades vulneráveis que foram beneficiadas pelo programa Ilumina Recife.

4.2 Redução da criminalidade

Segundo Godoy e Candura (2009), a iluminação é essencial para prover sensação de segurança e de bem-estar para cidadãos e investidores do ambiente urbano e luz às paisagens e às principais artérias de tráfego de veículos para ampliar a visibilidade através da cidade e facilitar a percepção e orientação em escala urbana.

Um ambiente mais iluminado, principalmente à noite, inibe na maioria das vezes a ações de violência, devido a maior facilidade de identificação dos infratores e observação do ato ilícito por parte dos transeuntes presentes no local do crime. Para constatar o real efeito da modernização da iluminação da cidade quando a redução de crimes violentos conta o patrimônio - CVP, com a melhora também dos fluxos luminosos nas vias e logradouros públicos da cidade, foi feita uma base comparativa com bairros do Recife, onde foram comparados os dados de três bairros: Madalena, Ilha Joana Bezerra e Coelhos, onde foram observados os seguintes resultados:

Figura 6 - Evolução do mapa de distribuição de pontos de iluminação pública no bairro da Madalena nos meses de setembro de 2017 e 2020, respectivamente.



Fonte: Autores, 2023.

Figura 7 - Evolução do mapa de distribuição de pontos de iluminação pública no bairro Ilha Joana Bezerra nos meses de setembro de 2017 e 2020, respectivamente.

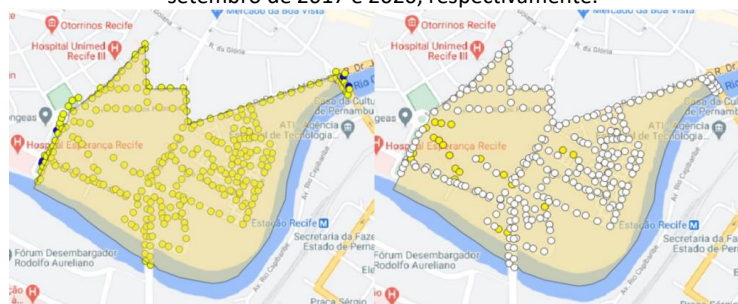


Fonte: Autores,2023.

No bairro da Madalena foram feitas 1.226 remodelações do total de 1.600 pontos do bairro, em especial nas comunidades: Sítio do Cardoso, Campo do Cacique e Sítio do Valença, tendo sido investido um total de R\$ 1.201.465,76 e como uma das consequências da melhoria realizada no bairro, de acordo com relatório emitido pela SDS (Secretaria de Defesa Social) houve uma redução de 60,7% nas ocorrências de CVP comparando dados de 2018-2019 (antes da implantação da iluminação pública em LED) e 2019-2020 (150 dias após a instalação da iluminação pública em LED).

No bairro da Ilha de Joana Bezerra foram feitas 839 remodelações do total de 978 pontos do bairro, em especial nas comunidades: Coque, Papelão e Vila Brasil, tendo sido investido um total de R\$ 861.436,60 e como uma das consequências da melhoria realizada no bairro, de acordo com relatório emitido pela SDS houve uma redução de 70,7% nas ocorrências de CVP comparando aos dados de 2018-2019 e 2019-2020 (150 dias após a instalação da iluminação pública em LED).

Figura 8 - Evolução do mapa de distribuição de pontos de iluminação pública no bairro dos Coelhos nos meses de setembro de 2017 e 2020, respectivamente.



Fonte: Autores,2023.

No bairro dos Coelhos foram feitas 338 remodelações do total de 355 pontos do bairro, tendo sido investido um total de R\$ 249.079,37 e como uma das consequências da melhoria realizada no bairro, de acordo com relatório emitido pela SDS houve um aumento de 26,9% nas ocorrências de CVP comparando dados de 2018-2019 e 2019-2020 (150 dias após a instalação da iluminação pública em LED). Em todos os estudos, foram considerados que o total de ocorrência do ano anterior (2019) tem como período de análise as datas entre 05/10/2018 e 19/07/2019. Já para o total de ocorrências do ano atual, considerou-se as datas entre 05/10/2019 e 18/07/2020.

Apesar da iluminação pública ter papel fundamental na contribuição no sentimento de segurança da população, ela por si só não é suficiente para atingir índices significativos na redução dos índices de criminalidade. No bairro dos Coelhos, por exemplo, apesar do bairro ter sua iluminação trocada quase que em sua totalidade para LED, houve aumento nos crimes violentos contra o patrimônio, de acordo com relatório emitido pela SDS. A gestão do município deve ser munida de atitudes complementares como a construção de áreas de convivência, revitalização de espaços urbanos locais, programas de incentivo à prática de esportes, educação e demais atividades noturnas, para que os investimentos na iluminação possam ser efetivamente convertidos em uma melhor qualidade de vida as pessoas.

4.3 Otimização de contratos, serviços de manutenção e implantação de sistema de gestão da iluminação pública

O investimento em tecnologia LED também se reflete na redução dos gastos públicos com manutenção. Segundo Moura (2015), a vida útil do LED possui vida útil de 50.000 horas. Com isso, tem-se a diminuição na ocorrência de falhas e defeitos, acarretando redução nos gastos de manutenção corretiva dos ativos de iluminação pública (lâmpadas de vapor metálico possuem vida útil média entre 12.000 e 20.000 horas e as lâmpadas de vapor de sódio têm vida útil até 32.000 horas).

Comparando os valores previstos para a manutenção da iluminação pública da cidade do Recife, está prevista uma redução de 53,21% nos montantes licitados atualizados a valores presentes, de acordo com a tabela 4.

Tabela 4 - Montantes financeiros licitados referentes aos contratos de manutenção de iluminação em postes com até 12 metros de altura, com duração de 24 meses.

Área	Ano de 2018	Ano de 2020	Redução
RPA 1 e 6	R\$ 4.999.212,60	R\$ 2.205.569,41	55,88%
RPA 2 e 3	R\$ 4.609.978,35	R\$ 2.340.892,40	49,22%
RPA 4 e 5	R\$ 4.696.422,99	R\$ 2.147.434,95	54,28%
TOTAL	R\$ 14.305.613,94	R\$ 6.693.896,76	53,21%

Fonte: Autores,2023.

Os valores licitados referentes ao ano de 2018 foram reajustados em 14,21%, que é o índice percentual acumulado do INCC – Índice Nacional de Custo de Construção, durante o período de setembro de 2017 a setembro de 2020.

Além dos benefícios anteriormente citados, essa base de dados geográficos atualizada e com a tecnologia LED implantada em toda a cidade são capazes de condicionar a implantação de um sistema de gestão da iluminação pública, ferramenta que auxilia o gestor público não só no atendimento das demandas de manutenção corretiva, mas também nas demandas de manutenção preventiva. Parte-se da observação da estimativa da vida útil declarada de cada equipamento (quando do seu cadastramento e coleta dos dados e da realização de novas manutenções, para um cadastro contínuo) facilitando a ocorrência de intervenções programadas sem que obrigatoriamente seja necessário que haja falha ou defeito do equipamento. Estes aspectos de automatização e otimização na execução dos serviços de manutenção fazem com que o gestor público garanta uma maior segurança e confiabilidade do sistema por ele gerenciado, bem como amplo conhecimento de toda a cadeia de operações e

intervenções que se sucedem em todo momento no sistema de iluminação pública de uma cidade.

5 CONCLUSÃO

A solução de modernização do parque de iluminação pública da Cidade do Recife, otimizou recursos que podem ser utilizados para outras necessidades do Município. Foram reduzidos 2,693 GWh.mês no consumo mensal de energia elétrica, com previsão de redução de 2,982 GWh.mês ao final do programa, representando um montante de 35,784 GWh.ano, e uma economia de R\$ 16.395.247,60/ano.

Para além da eficiência energética, o município tomou atitudes que buscaram a preservação do meio urbano e do impacto das ações do homem. Investimentos como a redução na emissão de dióxido de carbono, na otimização do consumo de energia e a efficientização da iluminação pública se mostraram eficazes para atingir esse objetivo, neste caso, chegando a uma redução na emissão de 3.866 toneladas de CO₂ por ano, alcançando o equivalente a 27.607 árvores plantadas no município quando da remodelação eficiente de todo o sistema de iluminação.

Na maioria dos casos um ambiente mais iluminado, inibe a ações de violência, porém a gestão do município deve ser munida de atitudes complementares com implantação de projetos de infraestrutura social.

Após a modernização dos bairros da Madalena e Joana Bezerra no Recife, houve em média 65,7% de redução na criminalidade, enquanto no bairro dos Coelhos houve um aumento de 26,9% nas ocorrências de CVP, demonstrando que apesar da iluminação pública ter papel fundamental na contribuição no sentimento de segurança da população, ela por si só não é suficiente.

Investimento em tecnologia LED também se reflete na redução dos gastos públicos com manutenção, ocasionando numa de redução 53,21% no custeio desses serviços.

Entre os anos de 2017 e 2020 houve um clareamento do mapa de calor, indicando que houve uma efetiva redução na potência instalada no sistema de iluminação da cidade, além de ter havido um incremento significativo no nível de fluxo luminoso, com isso, a redução do consumo de energia foi concebida em conjunto com aumento dos níveis de iluminamento e distribuição do fluxo luminoso por área da cidade.

A efficientização do parque proporciona menor consumo de energia, conseqüentemente redução na conta de luz e menor manutenção do sistema de iluminação da cidade, reduzindo também a quantidade de resíduos sólidos oriundos da prestação deste tipo de serviço.

6 REFERÊNCIAS

ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5101:2018 Iluminação Pública** – Procedimentos. Rio de Janeiro, 2018.

BORGES, K. A. de V. **A Gestão Urbana e as Tecnologias de Informação e Comunicação**. IP Informática Pública, 4, 17-24, 2000. Disponível em: http://www.ip.pbh.gov.br/ANO2_N2_PDF/ip0202vasconcelosborges.pdf.

COMISSÃO EUROPÉIA. **Novas Lâmpadas e Embalagens**. [2010?]. Disponível em: http://ec.europa.eu/energy/lumen/overview/whatchanges/index_pt.htm. Acesso em: 16 mar. 2020.

CORDEIRO, Luiz Filipe Alves Cordeiro. **Planejamento do setor elétrico brasileiro com foco nas emissões de CO₂**. / Luiz Filipe Alves Cordeiro. 184f. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica). Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, 2015.

EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Matriz Energética e Elétrica**, 2018. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>. Acesso em: out. 2020.

FREITAS JR, L.; SILVA, M.; MOURA, M. A Utilização do Geoprocessamento como Ferramenta de Gestão no Processo de Modernização da Iluminação Pública na Cidade do Recife-PE. In: Fórum Ambiental da Alta Paulista, 16, 2020, Tupã. **Anais [...]**. Tupã: FCE/UNESP, 2020.

GODOY, P.; CANDURA, P. **Iluminação Urbana Conceitos e Análises de Casos**. São Paulo: Vj Marketing Institucional Ltda, 2009.

JACOBS. Jane Jacobs. **Morte e vida das grandes cidades**. São Paulo: Martins Fontes, 2000.

MASCARÓ, Lucia. **A iluminação do espaço público**. Arqtexto, Porto Alegre, p. 20-27, 2006.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÕES. **Método da análise de despacho**, 2020. Disponível em: http://antigo.mctic.gov.br/mctic/opencms/ciencia/SEPED/clima/texto geral/emissao_despacho.html. Acesso em: out. 2020.

MOURA, M. de. **Iluminação: Análise de Cenários Utilizando a Tecnologia LED**. Niterói, Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal Fluminense, 2015.

PREFEITURA DA CIDADE DO RECIFE, **Análise de Riscos e Vulnerabilidades Climáticas e Estratégia de Adaptação do Município do Recife-PE** – Resumo para Tomadores de Decisão, 2019. Disponível em: http://meioambiente.recife.pe.gov.br/sites/default/files/midia/wysiwyg/imagens/sumario_clima_recife_portugues_impreso_1.pdf. Acesso em: out. 2020.

RODRIGUES, A. C. **Impactos Sócio-ambientais dos Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos: Estudo da Cadeia Pós-consumo no Brasil**. Santa Bárbara D’ Oeste, Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Faculdade de Engenharia, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Metodista de Piracicaba - UNIMEP, 2007.

ROSITO, L.H. **As origens da iluminação pública no Brasil**, 2009. Disponível em: <https://www.osetoreletrico.com.br/capitulo-i-as-origens-da-iluminacao-publica-no-brasil/>. Acesso em: out. 2020.

SANTANA, S. A. **Modelagem de comunicação em WebGis para a difusão de dados geográficos e promoção da análise espacial**. Belo Horizonte, Tese (Mestrado em Cartografia) - UFMG, 2009.

SAVOLAINEN, A., **“Hacia um futuro major”** Revista ABB, p.34-38, 2004

SANTOS, Lúcia Fernandes. **Ensaio de método de análise integrada das condições de iluminação diurna e noturna em praças: avaliação de dois estudos de caso**. 2014. 148 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014.

TRIBUNAL DE JUSTIÇA DO ESTADO DO PARANÁ. **Calculadora de CO₂**, 2020. Disponível em: <https://www.tjpr.jus.br/web/gestao-ambiental/calculadoraco2>. Acesso em: out. 2020.

VIANNA, N. S.; GONÇALVES, J. C. S. **Iluminação e Arquitetura**. São Paulo: Virtus s/c Ltda., 2001.