

OPORTUNIDADES DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA PARA SISTEMAS DE GESTÃO DE PARQUES DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA DOS MUNICÍPIOS

Renato Lima Novais¹
Jadson dos Santos de Santana¹
Pedro Medina Ismerin²
Ricardo Vieira³

¹*Instituto Federal da Bahia*

²*Fundação Escola Politécnica*

³*AV Argollo Vieira Consultoria Pesquisa e Desenvolvimento LTDA*

DOI: 10.47168/rbe.v28i3.707

RESUMO

Eficiência Energética tem sido um tema muito estudado no Brasil nos últimos anos. Esse princípio de realizar uma atividade utilizando menos recursos e com resultados similares é de enorme importância para a sociedade, uma vez que promove redução de custos financeiros e uma maior colaboração com o meio ambiente. Esse conceito torna-se relevante também em nível municipal. Afinal, os municípios precisam gerir bem seus – quase sempre, poucos – recursos. Para isso, é importante o uso de sistemas de gestão de parques de iluminação pública. Existem diferentes soluções de *software* com esse propósito, mas sem considerar a eficiência energética. Diante desse importante cenário, este trabalho faz uma análise da literatura na área, bem como de *softwares* para atingir tal fim. Com esta análise, foi possível fazer um levantamento de oportunidades para os sistemas de gestão, incluindo oportunidades de manutenções e construções de novos parques, na interação com o cidadão, por meio de análise visual de dados e possibilidades via *hardware*.

Palavras-chave: Sistemas; Iluminação Pública; Eficiência Energética; Oportunidades.

ABSTRACT

Energy efficiency is a subject that has been studied in Brazil in the past years. This principle of doing an activity using less resources and achieving similar results is of great importance for society, once it promotes the reduction of financial costs and a greater contribution to

the environment. This concept becomes relevant as well at the municipal level. After all, cities need to manage their – almost always few – resources. For this, it is important to use public lighting park management systems. There are different options of software for that purpose, but without considering energy efficiency. Due to this scenario, this work analyzes the literature on energy efficiency and also on software that works on it. With the results, it was possible to present opportunities for management systems, including opportunities for maintaining and building new parks, interacting with the citizens, using visual analytics and also hardware possibilities.

Keywords: Systems; Public Lighting; Energy Efficiency; Opportunities.

1. INTRODUÇÃO

A Eficiência Energética (EE) é um tema muito relevante para a sociedade, uma vez que tem impactos econômicos e ambientais. EE pode ser definida como o meio de realizar os mesmos serviços/produtos gastando menos recursos, sem perda de qualidade (PATTERSON, 1996). Em geral, a grande preocupação é com os recursos naturais, os quais não são infinitos e podem diminuir drasticamente – ou até mesmo sumir – da natureza. Neste contexto, é fundamental que a sociedade em geral, seja através das organizações públicas e privadas ou dos seus cidadãos, crie ações para buscar a efficientização do uso de seus recursos.

De fato, o tema, há um bom tempo, vem aparecendo nas agendas de políticas públicas (PATTERSON, 1996). Governos ou entidades não governamentais desenvolvem – ou incentivam – projetos que têm como objetivo a EE. É comum encontrar iniciativas fora do país, em especial nos países mais desenvolvidos. Por exemplo, o programa Europa 2020 da Comissão Europeia (CE), publicado em 2010, tinha como base um crescimento inteligente, sustentável e inclusivo para os próximos dez anos. Dentre as cinco metas definidas, tem-se de alcançar um aumento de 20% na eficiência energética (COMMISSION; COMMISSION et al., 2010). Em 2015, Portugal lançou um programa alinhado ao Europa 2020, que tinha entre seus objetivos o foco específico em eficiência energética em municípios (MINISTROS, 2015). O que incluía o apoio à eficiência energética, à gestão inteligente da energia e à utilização de energias renováveis em infraestruturas públicas, nomeadamente em edifícios públicos locais, incluídos nos programas operacionais regionais e financiados pela CE. No Brasil, há, ainda que de forma promissora, iniciativas que visam apoiar a EE, como o Procel (Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica), que busca promover o uso eficiente de energia visan-

do obter menor desperdício (MME, 1985), e também a criação da Olimpíada Nacional de Eficiência Energética (ONEE) no ano de 2021, que tem como objetivo fomentar o estudo da EE no ambiente escolar (ONEE, 2021).

A EE pode ser desenvolvida de diferentes formas e em diferentes contextos, uma vez que não está relacionada apenas com a energia elétrica. Dois exemplos disso são a geração de energia térmica renovável através da reutilização da água descartada em ares-condicionados (BENTES et al., 2019) e também a produção de energia cinética através de sistemas eólicos (TERCIOTE, 2002). Além disso, existem ações que atualmente podem ser tomadas por agentes em diferentes níveis da sociedade (governos, organizações não governamentais, empresas e cidadão), como a troca de lâmpadas residenciais por lâmpadas LED, uma melhor vedação dos ambientes com ar-condicionado (BATISTA; LEITE, 2021), ou até mesmo o reposicionamento dos postes de iluminação pública (ROCHA et al., 2016).

Uma forma de realizar EE diz respeito a economia com o consumo de energia elétrica. Este é, já também há um bom tempo, um recurso crítico, que tem sido fonte de problemas no país. Recentemente, em 2021, o Brasil atravessou uma forte crise hídrica, inflacionando os preços da energia elétrica e, por conseguinte, os preços de diversos produtos (GIFE, 2021). A busca por EE neste contexto é feita também em diferentes níveis, que vão do governo ao cidadão. Um dos atores relevantes nesse processo são as prefeituras, uma vez que as mesmas são responsáveis pela gestão de parte do consumo de energia e todas as medidas, sejam elas positivas ou negativas, podem impactar seus municípios, como a implantação de taxas como CIP/COSIP.

No Brasil, os municípios são, por força da lei, responsáveis pelo seu parque de iluminação pública (ANEEL, 2010). Normalmente, eles precisam pagar às concessionárias de energia elétrica os custos de energia consumida pela iluminação das ruas ou dos prédios públicos. A cobrança é feita através de estimativa baseada em levantamento, quase sempre feito pela própria concessionária, com um atraso que pode chegar a até dois anos. Em alguns casos, porém, os municípios dispõem de processos e plataformas de *software* para realizar o cadastro do parque de iluminação e, assim, terem dados mais reais e mais atualizados.

Quando o município faz uso de uma solução de *software* para controle do seu parque, sem dúvida passa a ter um conhecimento valioso a respeito de um ativo importante, que é responsável por um dos maiores custos do mesmo. Em cidades de pequeno e médio porte como Sinop-MT e Santa Rosa-RS, o valor anual pago pode ultrapassar 4 milhões de reais, enquanto que em municípios de grande porte, como Campinas-SP e Recife-PE os gastos com este tipo de despesa

podem chegar a 6 milhões de reais por mês (MILÉSKI, 2019) (POVO, 2022) (RECIFE, 2022) (GUGLIELMINETTI, 2022).

Ter conhecimento dos dados permite – ou deveria permitir – aos municípios tomarem ações mais efetivas em relação a EE. Entretanto, há ainda uma falta de maturidade nas ações de captação e gestão deste tipo de informação. Essas carências aliadas ao fato de as soluções de *software* existentes no país não disporem de funcionalidades que ajudem nesse sentido, atrapalham ainda mais os municípios nos processos de revitalização dos espaços.

Algumas ações, como é de se esperar, vêm sendo realizadas para mudar esse cenário. A Secretaria de Infraestrutura do Estado da Bahia (SEINFRA), por exemplo, está desenvolvendo um projeto que tem como meta prover um sistema para todos os municípios baianos com até 50 mil habitantes. Isso representa 369 dos 417 municípios (IBGE, 2021). Com uma maior maturidade tecnológica, é possível vislumbrar ações que municiem os municípios para a busca da EE.

Este trabalho tem como objetivo investigar a EE no contexto dos municípios, mais especificamente relacionado à iluminação pública. Para atingir tal objetivo, foi seguido um método incremental nesta pesquisa. Primeiramente, foi feito um estudo da literatura para entender ações de eficiência energética existentes nos municípios (seção 2). Em segundo lugar, foi feito um levantamento das principais ferramentas de gestão dos parques de iluminação e também de ferramentas de projeto de parques para se ter um entendimento de suas funcionalidades (seção 3). Por fim, este trabalho busca apresentar oportunidades a serem implementadas no sentido de ter suporte a EE em sistemas de *software* de gestão de parques de iluminação pública (seção 4).

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Esta seção aborda temas importantes que permeiam a análise dos parques de iluminação pública. A seção 2.1 apresenta alguns conceitos iniciais referentes à Eficiência Energética (EE). As Seções 2.2 e 2.3 discutem gestão de EE em municípios e mais especificamente em parques de iluminação pública, respectivamente. As quatro seções seguintes tocam em temas mais distintos, mas que ainda têm relação com este trabalho. A seção 2.4 define sistemas de gestão de parques de iluminação. A seção 2.5 destaca o importante papel da educação em todo esse processo, enquanto a seção 2.6 discorre sobre normas para definição dos parques. A seção 2.7 aborda a tarifa de iluminação pública. Por fim, é abordado o tema Análise Visual de Dados (seção 2.8) como outra ferramenta importante para auxiliar no processo de EE através de sistemas de gestão de parques de iluminação pública.

2.1 Eficiência energética

Eficiência energética pode ser definida como o uso de menos energia para produzir a mesma quantidade de serviços e produtos (PATTERSON, 1996). Ela é definida pela razão entre Saída útil de um processo e Entrada de energia neste processo. Numa visão mais econômica, a eficiência energética pode ser vista não como um objetivo final, mas como um meio para alcançar a produção de bens e serviços para a sociedade, de forma mais rentável (JAFFE; STAVINS, 1994).

A eficiência energética pode ser aplicada em diferentes setores e de diferentes formas, com foco em reduzir consumo de energia na construção de infraestrutura, edifícios, na operação de máquinas, nos dispositivos utilizados, entre outros. Dada a sua relevância, diversos estudos destacam um esforço para alcançar cada vez mais e melhor a eficiência energética. Por exemplo, Harvey (2009) estuda como a forma de realizar a construção civil pode impactar na eficiência dos prédios; Lung, Masanet e McKane (2006) analisam os impactos de tecnologias emergentes na indústria de processamento de alimentos à luz da eficiência energética. No ramo do transporte, é possível identificar também alguns estudos em diferentes locais, como China (CHUNG; ZHOU; YEUNG, 2013), Japão (LIPSCY; SCHIPPER, 2013), países europeus (TVARONAVIČIENE, 2018), (MARCUCCI; VALERI; STATHOPOULOS, 2012), Estados Unidos (KOSHAL; KOOL, 1978) e Brasil (DOMINGUES; PECORELLI-PERES, 2013); além de várias outras áreas.

As ações de eficiência energética acontecem em praticamente todo o mundo. De fato, eficiência energética afeta consideravelmente qualquer país que pretende ter um desenvolvimento sustentável e seguro (TVARONAVIČIENE, 2018). Muitos países, principalmente os mais desenvolvidos, desenvolvem políticas de incentivo à eficiência energética. Exemplos disso são o governo da Alemanha, que em 2019 resolveu adotar uma política denominada *Energiewende* (transição energética), buscando reduzir pela metade o consumo de energia até o ano de 2050 (ENERGIEWENDE, 2019), e também a Dinamarca, que em 2020 firmou acordos para deixar de emitir licenças para exploração de petróleo e gás, e eliminar toda sua produção de combustível fóssil até 2050 (FARAND, 2020).

Na prática, quem tem o maior potencial de realizar a economia é quem está na ponta final: i.e. governos municipais. O governo federal (ou centrais em alguns países) precisam contar com o apoio dos governos locais. Os municípios desempenham um papel crucial na defesa e implementação de medidas de eficiência energética em escala local (ANNUNZIATA; RIZZI; FREY, 2014). Em última instância, mas não menos importante, é preciso contar com a ação dos cidadãos

neste processo.

2.2 Gestão da eficiência energética em municípios

A melhoria da eficiência energética é por natureza uma atividade descentralizada. O município é um importante ator no processo de efficientização energética (REZESSY et al., 2006). Ele tem um papel essencial a desempenhar na garantia de condições adequadas e na aplicação de medidas para a melhoria da eficiência energética (LAPONCHE et al., 1997).

Os municípios são responsáveis pelos consumos de energia dos prédios públicos, bem como pelo parque de iluminação pública. A gestão adequada desse recurso beneficia toda a população. A redução nos custos públicos melhora a vida do cidadão, com possível redução de impostos e melhoria na qualidade dos serviços públicos (FIASCHI; BANDINELLI; CONTI, 2012).

Dada a relevância do papel dos municípios neste contexto, muitos estudos investigam esse tema (DANILINA et al., 2016) (JIANG et al., 2020) (REZESSY et al., 2006). Implementar eficiência energética nos municípios requer investimentos (ANNUNZIATA; RIZZI; FREY, 2014). Por exemplo, realizar uma auditoria pode ajudar a identificar se as ações de EE estão de fato sendo realizadas. Entretanto isso requer investimento. Infelizmente, nem sempre os municípios dispõem de recursos abundantes e é comum priorizarem ações mais populistas, principalmente em curto prazo. É importante ressaltar que as ações de EE geram impactos em longo prazo. Muito do que é feito hoje gerará frutos para gerações futuras.

De acordo com Annunziata, Rizzi e Frey (2014), o tamanho do município parece não influenciar o desenvolvimento da eficiência energética nas edificações municipais. Entretanto, municípios menores dispõem de menos recursos e de possibilidades de melhoria de arrecadação. Nesses municípios menores, inclusive, o peso relativo do custo de energia elétrica geralmente aumenta (FIASCHI; BANDINELLI; CONTI, 2012). Assim, urge ainda mais a necessidade de economia de recursos. Geralmente, as soluções passam por instalação de fontes de energias renováveis nos prédios públicos, e trocas de lâmpadas (FIASCHI; BANDINELLI; CONTI, 2012). Muitos trabalhos de fato destacam o papel das lâmpadas de LED como uma alternativa para a economia. Já Danilina et al. (2016) destacam diversas ações possíveis como: modernização ativa; introdução de tecnologias de inovação; mudança para fontes de energia renováveis (energia eólica, geotérmica, maremotriz e biomassa); desenvolvimento de geração de energia em pequena escala (usinas de diesel e painéis solares). Para isso, os autores evidenciam a necessidade de se ter um ambiente administrativo e infraestrutura necessária para atrair e manter investimentos.

É preciso buscar condutas que incentivem os municípios na participação em eficiência energética. Nesta linha, Rezessy et al. (2006) elencam ações importantes que podem determinar a participação dos municípios, tais como: i) dar posse: os municípios só investirão esforços e recursos financeiros nas esferas públicas para as quais foram atribuídas responsabilidades claramente definidas. Se o controle for nacional, ou ficar indefinido, pouco será feito; ii) dar acesso a financiamentos para investir na área; iii) motivação dos gestores e funcionários públicos depende dos benefícios que têm; iv) criar mecanismos que permitam reter as economias onde elas foram geradas.

Fica evidente, então, que é preciso definir políticas de larga escala e de longo prazo para os municípios. Os municípios precisam entender eficiência energética como algo necessário para sua sobrevivência, e não apenas como uma ação pontual.

2.3 Gestão da eficiência energética em parques de iluminação pública

Um parque de iluminação pública pode ser definido como o conjunto de pontos de iluminação em áreas públicas associados ao município e seus respectivos distritos. Esses parques contribuem significativamente para os custos com energia dos municípios (SUBRAMANI et al., 2019). Isto inclui os postes que iluminam as vias públicas e praças, os semáforos, passeios, ciclovias, etc., além de outros ativos que podem, por exemplo, atuar de forma sazonal (e.g. iluminação de Natal) (COMPETENCE, 2005).

Esses custos podem variar de acordo com o município, dependendo do seu tamanho ou da quantidade de prédios públicos existentes. Municípios com poucos prédios públicos têm a maior parte dos custos de energia associados ao parque. Contudo, segundo levantamento da Eletrobrás, em 2019 a iluminação pública correspondeu a cerca de 3,3% da demanda nacional, o equivalente a um consumo de 15,8 bilhões de kWh/ano (EMPRESA DE ENERGIA ELÉTRICA, 2020). Há estudos que reportam a economia em consumo de energia, como são os casos de ROCHA et al. (2016) e SHINTABELLA (2021). Entretanto, estes são casos específicos, não permitindo generalizações. Em qualquer situação, conhecer e gerir esse parque passa a ser fundamental para administrar os custos associados.

A gestão passa primeiramente por conhecer seu parque. Sistemas de telegestão (KDL, 2021) (GREEN, 2022) (SOMA, 2016) (MERCANTIL, 2021) (FACILITA.TECH, 2022) são importantes nessa tarefa, uma vez que ajudam a registrar quantitativos de lâmpadas e todo material auxiliar necessário para o funcionamento da mesma. Contudo, nem todos os municípios brasileiros utilizam essas soluções.

Considerando a existência do sistema, e conseqüente um

maior conhecimento do parque, abre-se espaço para implementar ações de EE. Estudos encontrados na literatura trazem propostas de implementação de EE em parques de iluminação.

Subramani et al. (2019) destacam que o sistema de iluminação é frequentemente mal calculado, conduzindo à perda de recursos energéticos inestimáveis. Os autores propõem um sistema de iluminação pública inteligente consistindo de luz LED, sensores de luminosidade, para movimento e rede de transferência de dados a curta distância. A ideia é que as luzes possam acender pouco antes de os pedestres e veículos passarem e desligarem ou reduzirem a intensidade após a passagem. Na busca da eficiência, eles destacam a importância para atividades como: seleção de luminárias eficientes; projeto eficaz e instalação adequada; fator de baixa potência e baixa operação e práticas de manutenção.

Como boa parte dos autores, Subramani et al. (2019) sugerem também a troca por lâmpadas mais eficientes. Porém, na contramão, Alzubaidi e Soori (2012) relatam que um possível retorno financeiro na troca de lâmpadas de halogeneto de metal por LED levaria cerca de trinta e cinco anos para ser obtido, e um projeto com lâmpadas de sódio de alta pressão ao ser trocado por LED apresentaria retorno somente após algumas centenas de anos. De acordo com os autores, isso mostra que o design usando LED nem sempre pode ser considerado uma escolha boa no que diz respeito ao julgamento financeiro, apesar de sua alta economia de energia, pois os projetos de iluminação podem não durar o tempo necessário para o retorno. Vale ressaltar, entretanto, que o estudo feito por Alzubaidi e Soori utiliza luminárias LEDs fabricadas até 2012, que possuem valores de lúmen por watt (entre 28 e 79 lm/W) abaixo dos disponíveis em 2022 (entre 130 a 160 lm/W, as mais eficientes). Além disso, o custo das luminárias baixaram. Há estudos, por exemplo, que relatam economia no consumo de energia com o uso de lâmpadas de LED (LI et al., 2009).

Spur, Houel e Tourre (2020) usam ferramentas de visualização de dados por imersão para buscar locais que sejam iluminados além do necessário na opinião dos cidadãos. O objetivo é encontrar trechos de vias nos quais o nível de iluminação pode ser reduzido, diminuindo assim o consumo de energia. Além disso, os autores também visam diminuir a poluição luminosa, que pode ser entendida como a iluminação superdimensionada e/ou falta de controle da distribuição luminosa das luminárias (COMITÊ BRASILEIRO DE ELETRICIDADE DA ABNT, 2018). Assim, há impacto não só financeiro, mas também no conforto dos pedestres e motoristas. Uma boa iluminação pública pode trazer diversos benefícios aos cidadãos. Uma via bem iluminada diminui os riscos de acidentes de automóveis e atropelamentos, além de trazer maior segurança. Uma boa iluminação traz um embelezamento urbano, trazendo também uma maior qualidade de vida.

2.4 Sistemas de gestão de parques de iluminação pública

Em 2020 a ANEEL publicou a resolução 888, que dá mais liberdade aos sistemas de gestão do parque de iluminação pública (ANEEL, 2020). Um sistema de gestão ou telegestão do parque de iluminação pública constitui-se de um *software* que pode conter a base de dados da iluminação pública, incluindo todos os pontos luminosos, potências das lâmpadas, informação em tempo real de lâmpadas defeituosas, dimerização das lâmpadas e geração de relatórios de consumo de energia elétrica.

Um sistema de gestão aumenta a quantidade de informações dos gestores municipais e traz informações sobre o consumo de energia elétrica, que pode ser usado para a fatura (ANEEL, 2020), reduzindo eventuais erros de registro que levam a faturas incorretas. Entretanto, esses sistemas de gestão ainda não são amplamente utilizados, e além disso, eles são recentes, ou seja, o conceito de utilizar essas ferramentas ainda não está amplamente estabelecido nos municípios. Um fator importante desses sistemas é a visualização de uma quantidade muito grande de dados, de forma simples, e que auxilie a tomada de decisão.

2.5 O papel da educação/informação

Um ponto crucial que aparece recorrentemente na literatura é a necessidade de educar e informar o cidadão. Se os municípios têm um papel importante, os seus cidadãos também precisam ajudar. Da mesma forma, é preciso que cada indivíduo tenha noção da importância da eficiência energética em longo prazo. Tendo isso incorporado, cada um pode ajudar neste processo.

Muitas vezes o consumidor não tem noção de como a EE é realizada. Os governos são responsáveis por tornar tudo isso mais transparente. Há inclusive iniciativas já de longa data nesta direção. O *Joint Committee of the Congress of the United States* (1981) sugeriu a criação de uma medida para apresentar ao consumidor final a energia economizada de forma que seja fácil de compreender o resultado (PATTERSON, 1996).

A falta de informação pode impactar negativamente nas ações realizadas pelos municípios. Por exemplo, tecnologias – como novos tipos de lâmpadas – nem sempre vão ser adotadas como esperado pela sociedade (JAFFE; STAVINS, 1994).

É preciso educar e informar as pessoas para fazerem parte do processo e adotarem boas práticas de eficiência energética. As pessoas muitas vezes não se preocupam em economizar pouco, mas é importante ter uma noção de comunidade: cada kilowatt economizado beneficia mais a sociedade como um todo do que individualmente

(JAFFE; STAVINS, 1994).

Ações de economia de energia que incentivam a participação da população se tornam cada vez mais importantes. O Plano Nacional de Energia 2030, do Ministério de Minas e Energia (MME, 2007), destaca o crescimento do consumo de eletricidade, inclusive na classe residencial.

Da mesma forma que os municípios, os consumidores precisam ser motivados. Danilina et al. (2016) destacam a falta de motivação dos consumidores para a conservação de energia como uma das principais barreiras.

2.6 As normas para definição dos parques

As vias públicas dos municípios brasileiros têm que ser iluminadas respeitando a norma ABNT NBR 5101 (Comitê Brasileiro de Eletricidade da ABNT, 2018). Essa norma regula os requisitos mínimos de iluminação para os diferentes tipos de vias.

A norma separa as ruas em diferentes classes de iluminação, que são definidas de acordo com o seu objetivo, o fluxo de pessoas e o fluxo de pedestres. Para a pista de fluxo de veículos, as classes variam de V1 a V5, e para o fluxo de pedestres, de P1 a P4. O menor número indica um fluxo maior, e requisitos maiores de iluminação.

Cada via tem diferentes requisitos:

- requisito de iluminação mínima: dado em função da iluminância média ou luminância média. Serve para garantir um nível adequado de iluminação;
- requisito de uniformidade mínima: em função da relação entre a média da iluminação e os mínimos obtidos nas vias. Serve para evitar zonas escuras numa via;
- requisito de ofuscamento máximo: Serve para evitar que a luz traga desconforto aos cidadãos;
- requisito da razão da iluminação na via e na calçada: usado em vias V1 e V2, para garantir que a passagem de pedestre esteja bem destacada e evitar acidentes entre veículos rápidos e objetos ou pessoas entrando na pista.

2.7 Contribuição para o serviço de iluminação pública

Os custos com manutenção da iluminação pública não são baixos. A gestão do parque também ajuda na tomada de decisão, inclusive preventiva, para otimizar os gastos. Consequentemente, impacta também nas despesas com energia elétrica pagas pelos municípios. Luzes acesas durante todo o dia, por exemplo, ou cobran-

ça em duplicidades são situações mais fáceis de detectar ao ter uma gestão.

O parque de iluminação pública é um elemento importante para as prefeituras. Além das possibilidades apresentadas para gestão, cabe destacar o potencial de arrecadação dos municípios. A Emenda Constitucional nº 39 de 19 de dezembro de 2002 acrescenta o art. 149-A à Constituição Federal, instituindo contribuição para custeio do serviço de iluminação pública nos Municípios e no Distrito Federal (BRASIL, 2002).

A partir de então, os municípios brasileiros têm o direito à implementação da Contribuição para o Custeio do Serviço de Iluminação Pública - COSIP. A forma como essa contribuição é calculada depende do município e da criação de lei específica. Essa contribuição é embutida na conta de energia das residências, e serve para o município pagar o consumo de energia elétrica na iluminação pública, além da manutenção, operação, melhoramento e expansão do parque de iluminação.

Os valores arrecadados passam a ajudar os municípios no pagamento de suas despesas com energia elétrica.

2.8 Análise visual de dados

Um dos desafios dos sistemas de gestão e de auxílio à tomada de decisão é a representação visual de uma grande quantidade de dados. Essa representação é chamada de análise visual de dados. A visualização de dados é ampla e conhecida, mas poucos estudos da área focam em eficiência energética, especialmente quando aplicada à iluminação pública.

Prouzeau et al. (2018) discutiram o uso de análise visual (*Visual Analytics* em inglês) em sistemas de automação predial na gestão de temperatura. Eles propõem uso de representação contextual em mapas, mostrando parâmetros de consumo de energia elétrica e de feedback de conforto dos usuários. Além disso, usa-se telas comparativas de períodos diferentes, para checar eficiência energética e conforto.

No contexto de planejamento urbanístico de iluminação pública, Spur, Houel e Tourre (2020) propuseram uma observação de analítica imersiva, um ramo novo da análise visual para a tomada de decisões. Foi proposto o uso de visualização simultânea de múltiplas camadas de informação utilizando realidade virtual. Escolheu-se cidadãos para serem entrevistados e para analisarem mapas com camadas de informações espalhadas verticalmente. Os entrevistados deveriam procurar uma área da cidade onde achavam que poderiam diminuir a iluminação, e por consequência, a poluição luminosa. As camadas de informações incluem: consumo energético, poluição luminosa vista de

uma foto aérea noturna, linhas de transporte público e pontos de interesse, como restaurantes. O autor fala que o uso de projeções 3D é desnecessário, visto que a representação final é em um mapa 2D.

3. FERRAMENTAS DE GESTÃO E PROJETO DE PARQUES DE ILUMINAÇÃO

Tanto a literatura acadêmica quanto as soluções disponíveis no mercado possuem uma série de trabalhos e ferramentas que buscam auxiliar os gestores no controle dos parques de iluminação. Muitas delas contam com funcionalidades como mapeamento georreferenciado dos ativos, gerenciamento de ordem de serviços e análise de luminância dos campos, porém carecem de métodos que atuem de forma ativa nas ações de tomada de decisão e inserção de novos pontos. Atualmente, há plataformas para diferentes estágios da gestão pública, como gerenciamento geral da iluminação municipal ou somente o planejamento luminotécnico de ambientes. A subseção 3.1 apresenta alguns trabalhos no âmbito acadêmico, enquanto que as subseções 3.2 e 3.3 exibem ferramentas direcionadas à gestão ou projeção dos parques públicos.

3.1 Trabalhos correlatos

No trabalho de (ROCHA et al., 2016) foi desenvolvido um *software* com objetivo de melhorar a qualidade da iluminação e o consumo de energia. Para que isso fosse possível, foi projetado um cluster de computadores com um cliente Java e um sistema que faz uso de algoritmos evolutivos para definir um melhor posicionamento dos postes. Na ferramenta, o usuário fornece informações como a altura dos postes, lâmpadas permitidas, nível de luminância desejado e a planta do local a ser iluminado. Além desses dados, é possível selecionar espaços na área onde não se deseja a inserção de pontos. Com base nessas informações, o *software* executa o algoritmo e gera uma visualização indicando o melhor posicionamento para cada ponto. Para validar a ferramenta, o autor comparou o resultado gerado pelo algoritmo com o modelo de referência fornecido por um profissional. Como resultado, a solução apresentou consumo de energia 37,5% menor e aumento em 227,3% na uniformidade da iluminação.

Já o trabalho de (SHINTABELLA; ABDULLAH; HAKIM, 2021) versa sobre a projeção de um algoritmo genético que busca otimizar o posicionamento dos pontos de iluminação, permitindo um redesenho dos ambientes. Para gerar os resultados, o algoritmo leva em consideração parâmetros como largura das vias, altura dos postes, potência das lâmpadas e características relacionadas às normas técnicas da Indonésia. Para a validação da solução, os autores utilizaram como

objeto de estudo uma estrada na cidade de Bandung, Indonésia. A simulação utilizou como base as características da via e os postes posicionados na mesma. Em seguida, foi executado o algoritmo em um ambiente montado na ferramenta MATLAB, que permite executar diferentes cálculos matemáticos em alta performance. Por fim, a saída gerada pelo sistema foi desenhada no *software* luminotécnico Dialux, que permite analisar informações de luminância e eficiência energética de ambientes. Como resultado, a solução apresentou uma redução de 32% no consumo de energia e 70% no custo ao longo de um ano. Entretanto, é válido mencionar que o resultado provido não atingiu totalmente a norma técnica da região (SNI 7391: 2008), uma vez que a iluminação média estava de acordo com o padrão, mas o nível de distribuição de luz não obteve o mesmo êxito.

3.2 Sistemas de gestão do parque de iluminação

3.2.1 Cidade iluminada

Atualmente, é a solução líder em atendimentos, estando presente em mais de 300 municípios, incluindo 10 capitais e gerenciando mais de 4 milhões de pontos de iluminação por todo o Brasil (MERCANTIL, 2021). A plataforma desenvolvida pela companhia Exati Tecnologia permite ao gestor visualizar todos os pontos da cidade de forma georreferenciada, facilitando o acesso e organização dos mesmos. Ademais, por meio do *software* é possível gerenciar as ordens de serviços relativas à manutenção ou instalação de pontos, que podem ser geradas por atendentes da companhia ou pelos próprios munícipes, via aplicativo móvel disponível para as plataformas Android e IOS. A ferramenta ainda permite que os gestores visualizem por meio de relatórios o desempenho das equipes de campo, os materiais disponíveis, itens instalados e outros dados (EXATI, 2021).

Apesar das funcionalidades acima, o *software* Cidade Iluminada (CI) carece de funcionalidades que atuem no processo de tomada de decisões. Em situações de planejamento de pontos ou reordenação de ambientes, a ferramenta pode ser utilizada apenas como objeto de consulta de dados, por não possuir muitas funções com foco em eficiência energética.

3.2.2 SomaSIG

O SomaSIG é um *software* produzido pelo Instituto Soma, que tem como objetivo permitir que as prefeituras consigam gerenciar melhor os ativos e parques de iluminação (SOMA, 2016). Por meio desta, o administrador é capaz de gerenciar o estoque da região, visualizar os ativos cadastrados na cidade, emitir relatórios sobre os parques e fazer

a gestão das equipes de campo disponíveis. Além disso, os residentes da cidade também são capazes de registrar solicitações referentes à manutenção ou inserção de pontos por meio de uma plataforma web criada pela companhia (SOMA, 2016).

O sistema é dividido em quatro módulos: O módulo cadastral é responsável pelo registro de todos os pontos atuais, que são obtidos por meio de importação de dados das concessionárias de energia ou inserção manual, feita pela equipe de campo via aplicativo mobile. O módulo operacional é destinado à gestão das ocorrências e equipes de campo. Quando um usuário solicita atendimento, este subsistema faz o registro do mesmo e aloca uma equipe de campo para atender ao chamado. Por meio do módulo gerencial, o gestor consegue visualizar dados e acompanhar todas as ocorrências do sistema, utilizando cruzamentos e filtros, que permitem analisar informações como bairros com mais chamados, tempo médio para atendimento das ocorrências e qual tipo de ocorrência é mais frequente. Por fim, o módulo de atendimento é responsável por permitir a interação dos residentes do município com a plataforma. Por meio de uma interface web, é possível abrir ocorrências e visualizar seus respectivos status (SOMA, 2016).

O SomaSIG possui muitas características em comum com o Cidade Iluminada. Funções como controle de estoque, registro de chamados e emissão de relatórios estão presentes na maior parte das plataformas focadas na gestão do parque de iluminação. Porém, assim como o sistema da Exati, o SomaSIG não oferece muitas ferramentas que apoiem a tomada de decisões de eficiência energética ou que exerçam grande influência do processo de planejamento de ambientes.

3.2.3 SIPUB

O Sipub é uma ferramenta criada pela empresa Facilita.tech, que assim como as duas anteriores, busca auxiliar os gestores municipais no controle dos pontos de iluminação. A ferramenta está presente em alguns estados, como Bahia, Minas Gerais e Espírito Santo, e conta com funcionalidades de gerenciamento de estoque, controle dos ativos da cidade, gestão de ordens de serviços para manutenção e inserção de novos postes, e também um módulo que permite relatórios com dados sobre os atendimentos e pontos, em geral (FACILITA.TECH, 2022).

Assim como o Cidade Inteligente, os atendimentos do Sipub são registrados por meio de aplicativo móvel, desta vez denominado SipuB Iluminação Fácil Cidadão, que está disponível para os sistemas Android e IOS de forma gratuita em lojas de aplicativos. Além disso, a plataforma conta com um segundo aplicativo, chamado SipuB Iluminação Fácil Cadastramento, que também é disponibilizado aos dois sis-

temas operacionais. Entretanto, não é de acesso livre, sendo utilizado apenas por gestores e funcionários diretamente envolvidos nos processos de cadastramento dos ativos dos municípios (FACILITA.TECH, 2022).

As principais funcionalidades presentes nos *softwares* de gerenciamento da iluminação pública estão presentes também no Sipub, que assim como as plataformas relatadas acima, tampouco atua de forma muito ativa no processo de tomada de decisões. Isso indica que essa carência pode ser comum em ferramentas voltadas à gestão geral dos pontos. Além da questão supracitada, é válido mencionar que o fato de existirem dois aplicativos com nomes similares em cada loja pode levar os usuários a se confundirem e baixarem o *software* errado.

3.2.4 Análise comparativa

Tabela 1 – Comparação entre as ferramentas disponíveis

Característica	Exati CI	SomaSIG	Sipub
Permite gerenciar o estoque	Sim	Sim	Sim
Oferece análises sobre a região	Sim	Sim	Sim
Permite modelar novos parques	Não	Não	Não
Controla manutenções nos parques	Sim	Sim	Sim
É Open Source	Não	Não	Não
É gratuito	Não	Não	Não
Plataforma	Web e Mobile	Web	Web e Mobile

Como é possível visualizar na Tabela 1, as três ferramentas cumprem o mesmo papel e podem ser consideradas iguais. Funções como controle de estoque, análise de dados e controle da manutenção dos ambientes podem ser consideradas essenciais para este tipo de aplicação e estão presentes em todas. As diferenças entre as opções podem ser consideradas sutis, como exemplo a forma de interação com o usuário, que no caso do SomaSig é somente via aplicação *web*; já no CI e no Sipub podem ser realizadas por meio de aplicativos móveis, sendo que o Sipub ainda possui uma versão de acesso exclusivo para gestores.

Além dos *softwares* mencionados acima, o mercado brasileiro de sistemas conta com mais opções, como o Gisworks, da empresa Unidesk (UNIDESK, 2019), Sig Iluminação Pública, da Multisig (MULTISIG, 2022) e também o IPCadastro e SoftLuz, ambos desenvolvidos pela empresa FastSoft (FASTSOFT, 2016). Todas essas ferramentas contêm características e propósitos semelhantes aos das supracitadas. Por fim, é importante reforçar que apesar da quantidade de fun-

cionalidades disponíveis nas soluções, todas as plataformas listadas carecem de funcionalidades que auxiliem o processo de planejamento dos parques, especialmente lidando de forma ativa com a ênfase na eficiência energética dos projetos.

3.3 Sistemas de projeto do parque de iluminação

3.3.1 Dialux

Atualmente, é a ferramenta mais popular para projeções luminotécnicas, estando disponível em mais de 26 idiomas e recebendo apoio de cerca de 150 fábricas de luminárias e lâmpadas por todo o mundo. O *software* desenvolvido pela Dial em 1994 é referência em simulação computacional, permitindo projetar os ambientes internos e externos com visualizações 2D e 3D (LANCELLE, 2018).

A plataforma consiste em um ambiente no qual o usuário consegue gerar uma modelagem do espaço real, inserindo todas as características do local, como quantidade e altura de paredes, escadas ou portas, e também a presença de árvores ou prédios, em situações de modelagem de ambientes externos, o que torna a simulação mais próxima da realidade. Além disso, o sistema trabalha com as características físicas das lâmpadas, permitindo compreender o nível de alcance de cada uma e seu respectivo consumo. É válido mencionar ainda que o Dialux permite ao usuário trabalhar com a iluminação natural, artificial e simultânea nos ambientes, e ao fim, é possível gerar todo o cálculo luminotécnico e de eficiência energética do espaço, possibilitando ainda visualizar quão distribuídos estão os pontos do local. O Dialux está disponível em duas versões: Dialux 4 e Dialux Evo. A versão 4 foi a primeira da companhia, porém alguns anos depois, foi descontinuada. Em 2012, foi lançado o Dialux Evo, que busca aprimorar os recursos presentes na versão anterior. Esta versão permanece recebendo atualizações de seus mantenedores (CRÍZEL, 2019).

3.3.2 AGI32

É a ferramenta pioneira no ramo de design ponto a ponto e projeção de iluminação. O *software* desenvolvido em 1985 serve de base para diversos projetos luminotécnicos, mesmo sendo mais focado na elaboração de cálculos para previsões fotométricas e índices de luminâncias de ambientes (CRÍZEL, 2019).

O AGI32 possui muitas características similares ao Dialux, como a possibilidade de projeção dos ambientes em formatos 2D e 3D, a aceitação de diferentes padrões de fotometria e projeção dos índices de luminância de diferentes locais. Entretanto, o ponto forte do *software*

está na precisão dos cálculos fotométricos. A ferramenta consegue auxiliar na validação e adesão aos diferentes critérios e normas de iluminação, e também calcular a radiosidade tanto em luz elétrica quanto iluminação natural. Uma outra diferença entre os projetos está no acesso aos mesmos. Enquanto o Dialux é gratuito e *open source*, o AGI32 está disponível apenas por meio de licença mensal ou anual (CRÍZEL, 2019).

3.3.3 Relux

É possivelmente o principal concorrente do Dialux disponível no mercado. Este conjunto de ferramentas recebe o apoio de cerca de 100 fábricas e também permite projetar os ambientes com visualizações 2D e 3D (LANCELLE, 2018).

No *software* é possível desenvolver projetos luminotécnicos para uma diversidade de locais, como praças, ruas, avenidas, escritórios e até mesmo edifícios inteiros. Além do mais, no Relux o usuário consegue simular iluminação de emergência para vias, além de natural, artificial e simultânea, da mesma maneira que seus principais concorrentes, Dialux e AGI32. Ainda é válido mencionar que a ferramenta conta com suporte a diferentes normas de iluminação, permitindo uma projeção mais próxima dos critérios de cada região (CRÍZEL, 2019).

Um outro fator diferencial da plataforma é a integração com outras ferramentas, como Revit, AutoCAD e TinLine Plan. Por meio de plugins, é possível incorporar as funcionalidades do Relux em ambientes de terceiros. Entretanto, a maior parte dos plugins não está disponível de forma gratuita (CRÍZEL, 2019).

Diferentemente do AGI32, o Relux possui uma versão gratuita. Porém, como mencionado anteriormente, a maior parte dos plugins e extensões disponíveis no mercado são pagas.

3.3.4 Análise comparativa

Tabela 2 – Comparação entre as ferramentas luminotécnicas

Característica	Dialux	AGI32	Relux
Permite modelagem 2D e 3D	Sim	Sim	Sim
Utiliza Ray Tracing	Sim	Sim	Sim
Cálculo de eficiência energética	Sim	Sim	Sim
Cálculo de distribuição de luz e luminância	Sim	Sim	Sim
Aceita fotometria	Sim	Sim	Sim

Tabela 2 – Comparação entre as ferramentas luminotécnicas (cont.)

Característica	Dialux	AGI32	Relux
Integração com normas regionais	Sim	Sim	Sim
Permite gestão nos parques	Não	Não	Não
É Open Source	Sim	Não	Não
É gratuito	Sim	Não	Sim
Plataforma	Desktop e Mobile	Desktop	Desktop

Como é possível visualizar na Tabela 2, assim como as ferramentas de gestão de parque, as três opções possuem muitas semelhanças e podem ser consideradas iguais. Funcionalidades como projeção 3D, simulação de iluminação natural e aceitação de padrões fotométricos compõem todos os ambientes. As diferenças entre estes projetos podem ser consideradas sutis, uma vez que estão mais ligadas a usabilidade, preço, disponibilização e arquitetura do *software*. Além disso, é importante frisar que nenhuma das opções mencionadas pode ser recomendada para gestão da iluminação e dos parques, uma vez que não oferecem nenhuma funcionalidade para tal. Porém, a utilização dos mesmos em conjunto com plataformas como o Cidade Inteligente e o SomaSIG no momento de planejar expansões dos parques pode ser considerada uma opção interessante aos gestores e profissionais da área.

4. OPORTUNIDADES NA GESTÃO EFICIENTE DOS PARQUES DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA

Uma gestão eficiente do parque de iluminação pública é necessária para que a população tenha suas necessidades atendidas. A gestão tem que ser capaz de trocar lâmpadas defeituosas e com luminosidades degradadas o mais rápido possível, mantendo toda cidade bem iluminada. Lâmpadas que ficam acesas o dia todo por falhas são uma fonte de desperdício de energia elétrica. Um fator muito importante para correção de falhas é a notificação das falhas que devem ser corrigidas. Sistema de telegestão, ou sistema no qual os cidadãos possam informar ao poder público, são incentivados. A segunda forma traz uma participação ativa da população, que pode ser interessante.

Todavia, a gestão não é apenas trocar equipamentos antigos por novos. O gestor deve olhar para a cidade como algo dinâmico, com mudanças constantes. Ruas e avenidas podem ter mais movimento

hoje do que quando a sua iluminação foi projetada, requerendo um novo projeto. Podem haver vias que por algum motivo não estejam cumprindo os requisitos estabelecidos pela norma, criando a necessidade de um novo projeto.

As melhorias na iluminação pública podem ser diversas e bastantes extensas. O gestor pode implementar mudanças pontuais e gradativas, começando de onde há maior necessidade. A maior necessidade vai ser em locais mal iluminados ou mais inseguros, que devem ser investigados. Visto que uma boa iluminação traz a redução do crime noturno em até 36% (CHALFIN et al., 2019), aumentar a iluminação de locais onde ocorrem assaltos e roubos a noite é interessante.

Algumas medidas para aumentar a eficiência energética no parque de iluminação pública já foram propostas. A primeira medida é a que permeia o senso comum, ou seja, a substituição de lâmpadas convencionais por tecnologias mais atuais, destacando-se, atualmente, o uso das luminárias LEDs. Essa substituição é um método comum, que já foi aplicada no início dos anos 2000 no Brasil para substituição por lâmpadas de vapor de sódio no programa Reluz (PROCEL, 2006). Recentemente, as luminárias de LEDs passaram a ser viáveis, devido à maturidade da tecnologia. Entretanto, o investimento inicial para a substituição do parque de iluminação pública é elevado para os municípios, sendo necessários fundos de investimentos, investimentos federais, ou parceria com empresas. Existem parcerias público privadas nas quais todo o investimento inicial é por parte da empresa, e a empresa ganha a partir do percentual da economia de energia. Importante destacar que ter um sistema que faz a gestão do parque e ajude no levantamento dos custos é algo desejável.

Na análise dos principais sistemas de telegestão de parques de iluminação pública foi observado que, apesar da importante contribuição na gestão do parque, pouco é dito a respeito de funcionalidades voltadas para a gestão da eficiência energética. A seguir, são apresentadas algumas oportunidades considerando alguns aspectos chave no contexto de sistemas de gestão de parques de iluminação pública.

4.1 Oportunidades em manutenção em construção de novos parques

Atividades de manutenção são bastante relevantes para os parques de iluminação pública. Na maior parte do tempo, são mais comuns que a construção de novos parques. Os sistemas de telegestão devem disponibilizar funcionalidades que permitam o monitoramento de tempo de uso de lâmpadas e antecipação da manutenção. Antecipar a manutenção reduz a ineficiência das lâmpadas e, consequentemente, reduz os custos.

A iluminação de ruas deve seguir a NBR 5101. Vários são os

parâmetros que devem ser considerados para especificar a luminosidade da rua, e conseqüentemente os equipamentos mínimos a serem utilizados. Uma vez tendo o parque catalogado, os sistemas podem disponibilizar meios de análise de conformidades do parque frente às normas, identificando, por exemplo, pontos desnecessários ou faltantes. Isso pode ser feito a partir de entrada de dados sobre as ruas junto ao cadastro, ou ainda considerando alguma solução automatizada para análise de dados de fluxo de via para análise frequente da adequação da rua.

Os sistemas podem permitir projeto de novo parque. Salvo melhor juízo, isso é feito com tecnologias à parte (ver seção 3.3). Considerando a realidade brasileira, projetar um novo parque para uma cidade inteira não é algo trivial de ser implementado na prática. As prefeituras precisariam fazer um esforço muito grande do ponto de vista financeiro para realizar tal ação. O que quase sempre não será possível. Entretanto, pode-se considerar o projeto de parques em regiões menores da cidade ou atualização do parque. Assim, os sistemas devem permitir novos projetos pelas prefeituras, ainda que em menor escala – uma nova praça, um novo bairro – ou uma atualização de algum local. Nestes casos, é importante a definição de custos e economia ao longo do tempo, sugestão de uso de equipamentos mais eficientes, conseqüentemente sugestão de troca de lâmpadas, propondo qualquer alteração que vise o impacto em redução de consumo. Ainda considerando a realidade brasileira, os sistemas devem também fazer sugestões de intervenção prioritária. Onde mexer primeiro? E baseado em que? Abordagens com essas perspectivas podem ajudar os gestores na tomada de decisão.

4.2 Oportunidades na interação com o cidadão

Conforme destacado na seção 2.5, é necessário envolver o cidadão neste processo. Ele é a ponta final de uma cadeia em que todos precisam contribuir. É o cidadão o principal cliente da iluminação das vias. Sua participação torna-se então bem relevante.

Desta forma, sistemas de gestão de parques de iluminação pública devem criar mecanismos para a participação do cidadão, usando, por exemplo, abordagens de *crowdsourcing*. Os sistemas existentes já fazem isso em certa medida, principalmente permitindo que os mesmos abram chamados para eventuais problemas nos postes.

Mas é preciso ir além, é preciso envolvê-los mais no processo. Deve-se criar mecanismos de educação do cidadão em torno da eficiência energética e seu impacto para o futuro da sociedade. Assim, o sistema precisa educar o cidadão para que ele se sinta parte do processo de economizar energia.

Outra abordagem que pode se tornar interessante é o uso de

gamificação, ou ainda bonificação. Os sistemas devem prover meios pelos quais as prefeituras possam criar políticas de bonificação de clientes por interação na plataforma. A bonificação pode ser feita em diferentes frentes, como por exemplo com desconto progressivo no IPTU.

Pode-se ainda permitir a criação de campanhas para premiar a população. Por exemplo, toda vez que reduzir a conta em relação ao mês anterior, ganha um benefício. Isso pode ser feito considerando os bairros e ruas das cidades. A política pode ser estendida também para os funcionários das prefeituras, os quais podem ser bonificados ao atingir determinadas metas.

Outra possibilidade é na direção da criação de programas de financiamento por parte da população. O grupo de uma rua, ou quarteirão, financia a atualização do parque em troca de algum benefício em longo prazo. Neste caso, há um componente político importante. É necessário viabilizar isso como programas da cidade.

4.3 Uso de análise visual de dados

A Análise Visual de Dados (AVD) destaca-se como alternativa interessante para esses sistemas. Afinal eles lidam com muitos dados e são utilizados para a tomada de decisão por parte dos gestores. Ambos os casos são foco da AVD. Algumas das oportunidades citadas vão requerer do gestor avaliar visualmente o parque e, assim, ter o suporte adequado à tomada de decisão. O sistema pode, por exemplo, fazer uso de visualização para destacar regiões da cidade com mais e menos problemas, facilitando assim a ação prioritária do município, bem como campanhas educacionais junto à população.

4.4 Oportunidades com uso de *hardware*

Algumas alternativas fogem unicamente do, ou não se restringem ao, uso do *software*. Há alternativas que requerem o uso de hardwares específicos acoplados aos postes e lâmpadas para melhoria na inteligência dos mesmos. Por exemplo, é comum considerar como alternativa o uso de dimerização (OŻADOWICZ; GRELA, 2017). A maioria das ruas tem um maior fluxo de pessoas ou veículos no período até às 21 horas, e menor após esse horário. Pela norma ABNT (Comitê Brasileiro de Eletricidade da ABNT, 2018), um menor fluxo nas vias implica menores requisitos de intensidade luminosa. Então, um ponto de luz pode ser dimerizável de acordo com o fluxo de pessoas no local, deixando a rua levemente mais escura na maior parte da noite, e ainda mantendo os padrões da norma.

5. CONCLUSÃO

Este trabalho fez um panorama dos sistemas de gestão de parques de iluminação pública visando oportunizá-los no desenvolvimento de funcionalidades voltadas para a eficiência energética.

O tema é relevante, uma vez que a eficiência energética é cada vez mais crucial para a sociedade. Considerando que os municípios são os responsáveis pela gestão do consumo de energia na cidade, é necessário que eles realizem ações para a redução do consumo de energia. De fato, esta é uma questão para além da exigência legal: os municípios devem ser os principais interessados em cuidar de seu parque e, conseqüentemente, do seu consumo, uma vez que são os principais beneficiados ou prejudicados, e o acesso a essas informações facilita o processo de análise de possíveis melhorias.

Os municípios antes de tudo precisam conhecer seu parque de iluminação. Isso passa obviamente pelo uso de sistemas de *software*, mais especificamente os sistemas de gestão de parques de iluminação pública.

Existem diferentes soluções de *software* com esse propósito. Em geral, eles permitem às prefeituras o cadastro e acompanhamento do parque. Porém, pouco é oferecido no sentido de projetar, atualizar, e manter os parques com foco na eficiência energética. Para isso, há outros tipos de sistemas que cobrem melhor esse propósito, mas ainda desconectados da realidade dos sistemas de gestão.

Diante disso, fizemos um levantamento de oportunidades para os sistemas de gestão, incluindo oportunidades em manutenção e construção de novos parques, oportunidades na interação com o cidadão, uso de análise visual de dados e oportunidades com uso de hardware.

Apesar das direções sugeridas, este trabalho não pode ser considerado exaustivo. Os autores reconhecem que há espaço para identificação de novas oportunidades aqui não mencionadas. Além disso, este trabalho limita-se a dizer o que pode ser feito, sem apresentar caminhos de como fazer.

Como trabalhos futuros, pretende-se fazer uma análise de dados de um parque em específico, para investigar padrões nesses tipos de dados. Além disso, pretendemos investir no desenvolvimento de algumas dessas oportunidades, uma vez que as consideramos importantes para os sistemas de gestão de iluminação pública com foco na eficiência energética e, por conseguinte, para a sociedade.

6. AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi parcialmente financiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (Projeto número

300035/2021-7) e pelo Polo de Inovação Salvador/PRPGI - IFBA (Edital 01/2021).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALZUBAIDI, S.; SOORI, P. K. Study on energy efficient street lighting system design. In: IEEE. 2012 IEEE International Power Engineering and Optimization Conference Melaka, Malaysia. [S.l.], 2012. p. 291–295.

ANEEL. Resolução normativa nº 414. Agência Nacional de Energia Elétrica, Rio de Janeiro, 2010. Disponível em:< <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2010414.pdf>> Acesso em 26 de out. de 2021.

ANEEL. Resolução normativa nº 888. Agência Nacional de Energia Elétrica, Rio de Janeiro, 2020. Disponível em:< <https://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2020888.pdf> >. Acesso em 22 de nov. de 2021.

ANNUNZIATA, E.; RIZZI, F.; FREY, M. Enhancing energy efficiency in public buildings: The role of local energy audit programmes. *Energy Policy*, v. 69, p. 364–373, 2014. ISSN 0301-4215. Disponível em:< <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421514001165> >. Acesso em 3 de dez. de 2021.

BATISTA, V. V.; LEITE, Y. S. Redução do consumo de energia elétrica ao utilizar poliestireno expandido como isolante térmico em vedações verticais. *Construção seca: Um estudo comparativo com a construção convencional*. Minas Gerais: Poisson, p. 14–22, 2021.

BENTES, F. M. et al. Reaproveitamento da Água gerada do ar condicionado para atividades comerciais em restaurante. *Revista Augustus*, v. 24, n. 48, p. 134–145, 2019.

BRASIL, Constituição(1988) Emenda constitucional nº 39, de 19 de dezembro de 2002. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/emendas/emc/emc39.htm.> Acesso em 21 de maio de 2022.

CHALFIN, A. et al. Reducing Crime Through Environmental Design: Evidence from a Randomized Experiment of Street Lighting in New York City. [S.l.], 2019. (Working Paper Series, 25798). Disponível em:< <http://www.nber.org/papers/w25798> >. Acesso em 24 de jan. de 2022.

CHUNG, W.; ZHOU, G.; YEUNG, I. M. A study of energy efficiency of transport sector in china from 2003 to 2009. *Applied energy*, Elsevier, v. 112, p. 1066–1077, 2013.

COMITÊ BRASILEIRO DE ELETRICIDADE DA ABNT. Iluminação pública – Procedimento. Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2018.

COMMISSION, C. from T.; COMMISSION, C. from the et al. Europe 2020. A strategy for smart, sustainable and inclusive growth. Brussels, v. 3, 2010.

COMPETENCE. Energy Efficiency in Streetlighting and Transport Infrastructure. 2005. Disponível em <https://www.eltis.org/sites/default/files/Competence_reference_material_urbandesign_en_6.pdf,> Acesso em 28 de out. de 2021.

CRÍZEL, L. Software para projeto de iluminação: saiba escolher o melhor para seu planejamento. 2019. Disponível em:< <https://blog.ipog.edu.br/engenharia-e-arquitetura/software-para-projeto-de-iluminacao/>>. Acesso em 19 de fev. de 2022.

DANILINA, E. I. et al. Increase of effectiveness of economy management in municipalities (through the example of energy conservation). International Review of Management and Marketing, EconJournals, v. 6, n. 5S, 2016.

DOMINGUES, J. M.; PECORELLI-PERES, L. A. Electric vehicles, energy efficiency, taxes, and public policy in brazil. Law & Bus. Rev. Am., HeinOnline, v. 19, p. 55, 2013.

EMPRESA DE ENERGIA ELÉTRICA, Anuário estatístico de Energia Elétrica. 2020. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/anuario-estatistico-de-energia-eletrica>>. Acesso em 15 de jun. de 2022

ENERGIEWENDE, A. A energiewende em resumo. 10 perguntas e respostas sobre a transição energética alemã. 2019. Disponível em: < https://static.agora-energiewende.de/fileadmin/Projekte/2019/Energiewende_Brasilien/156_A-Energiewende-em-resumo_PT_WEB.pdf >. Acesso em 6 de mar. de 2022.

EXATI. Gestão de iluminação pública - mais luz, segurança e tecnologia. 2021. Disponível em: < <https://exati.com.br/iluminacao-publica/> >. Acesso em 15 de fev. de 2022.

FACILITA.TECH. Sistema de informação pública. 2022. Disponível em: < <https://sipub.facilita.tech/> >. Acesso em 17 de fev. de 2022.

FARAND, C. Denmark to phase out oil and gas production by 2050 in “watershed” decision. 2020. Disponível em: < <https://www.climatechange.com/2020/12/04/denmark-phase-oil-gas-production-2050-watershed-decision/> >. Acesso em 13 de set. de 2022.

FASTSOFT. Softluz - é um sistema de gestão para iluminação pública. 2016. Disponível em: < <https://www.softluz.com.br/> >. Acesso em 19 de fev. de 2022.

FIASCHI, D.; BANDINELLI, R.; CONTI, S. A case study for energy issues of public buildings and utilities in a small municipality: Investigation of possible improvements and integration with renewables. *Applied Energy*, v. 97, p. 101–114, 2012. ISSN 0306-2619. *Energy Solutions for a Sustainable World - Proceedings of the Third International Conference on Applied Energy*, May 16-18, 2011 - Perugia, Italy. Disponível em: < <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261912002012> >. Acesso em 4 de dez. de 2021.

GIFE, Grupo de F. e. E. de. Crise hídrica: Brasil já perdeu um nordeste e meio de água. 2021. Disponível em: < <https://gife.org.br/crise-hidrica-brasil-ja-perdeu-um-nordeste-e-meio-de-agua/> >. Acesso em 22 de nov. de 2021.

GREEN, S. Telegestão da iluminação pública. 2022. Disponível em: < <https://smartgreen.net/solucoes/telegestao-de-iluminacao-publica/> >. Acesso em 16 de fev. de 2022.

GUGLIELMINETTI, R. Contrato milionário da concessão de Iluminação Pública de Campinas sai em 30 dias. 2022. Disponível em: <<https://blogdarose.band.uol.com.br/contrato-milionario-da-concessao-de-iluminacao-publica-de-campinas-sai-em-30-dias/>>. Acesso em 19 de set. de 2022

HARVEY, L. D. Reducing energy use in the buildings sector: measures, costs, and examples. *Energy Efficiency*, Springer, v. 2, n. 2, p. 139–163, 2009.

IBGE. Estimativas da população residente no Brasil e unidades da federação. 2021. Disponível em:< <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9103-estimativas-de-populacao.html> >. Acesso em 14 de mar. de 2022.

JAFFE, A. B.; STAVINS, R. N. The energy-efficiency gap what does it mean? *Energy policy*, Elsevier, v. 22, n. 10, p. 804–810, 1994.

JIANG, Q. et al. Promoting the polluters? the competing objectives of energy efficiency, pollutant emissions, and economic performance in chinese municipalities. *Energy Research Social Science*, v. 61, p. 101365, 2020. ISSN 2214-6296. Disponível em: < <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214629619304025> >. Acesso em 1 de dez. de 2021.

KDL. Telegestão e automação de iluminação pública. 2021. Disponível em: < <https://www.kdiluminacao.com.br/produtos/sistema-de-telegestao/> >. Acesso em 16 de fev. de 2022.

KOSHAL, R. K.; KOOL, K. L. Energy efficiency in the transport sector. *International Journal of Energy Research*, Wiley Online Library, v. 2, n. 4, p. 337–341, 1978.

LANCELE, L. Softwares para projetos de iluminação. 2018. Disponível em: < <https://www.lumearquitetura.com.br/lume/default.aspx?m-n=947&c=2034&s=0&friendly=softwares-para-projetos-de-iluminacao> >. Acesso em 19 de fev. de 2022.

LAPONCHE, B. et al. Energy efficiency for a sustainable world. International Council on Energy, 1997.

LI, F. et al. Leds: A promising energy-saving light source for road lighting. Asia-Pacific Power and Energy Engineering Conference. [S.l.: s.n.], p. 1–3, 2009.

LIPSCY, P. Y.; SCHIPPER, L. Energy efficiency in the Japanese transport sector. Energy Policy, Elsevier, v. 56, p. 248–258, 2013.

LUNG, R. B.; MASANET, E.; MCKANE, A. The role of emerging technologies in improving energy efficiency: Examples from the food processing industry. 2006.

MARCUCCI, E.; VALERI, E.; STATHOPOULOS, A. Energy efficiency in transport sector: policy evolution in some European countries. [S.l.], 2012.

MERCANTIL, A. Iluminação pública inteligente garante economia de até 30% na capital do Paraná. 2021.

MILÉSKI, J. Prefeitura espera gastar R\$ 5,4 milhões com energia elétrica por ano. 2019. Disponível em: < <https://www.gcnoticias.com.br/geral/prefeitura-espera-gastar-r-5-4-milhoes-com-energia-eletrica-por-ano/72252440> >. Acesso em 10 de mar. De 2022.

MINISTROS, P. do Conselho de. Ministério do ambiente, ordenamento do território e energia. Portaria N. ESEUR. Diário da República, 1ª série, Portugal, 2015.

MME. Procel - programa nacional de conservação de energia elétrica. p. 1–11, 1985.

MME. Plano nacional de energia 2030. p. 1–205, 2007.

MULTISIG. Sistema de informações geográficas voltado para iluminação pública. 2022. Disponível em: < <https://iluminacaopublica.multisig.com.br/> >. Acesso em 19 de fev. de 2022.

ONEE, Olimpíada nacional de eficiência energética. 2021. Disponível em: < <https://onee.org.br/olimpiada> >. Acesso em 22 de nov. de 2021

OŻADOWICZ, A.; GRELA, J. Energy saving in the street lighting control system—a new approach based on the EN-15232 standard. Energy Efficiency, Springer, v. 10, n. 3, p. 563–576, 2017.

PATTERSON, M. G. What is energy efficiency?: Concepts, indicators and methodological issues. *Energy policy*, Elsevier, v. 24, n. 5, p. 377–390, 1996.

POVO, C. do. Prefeitura de santa rosa vai reduzir custos com a implementação de usina solar. 2022. Disponível em: < <https://www.correiodopovo.com.br/correiomaisinterior/prefeitura-de-santa-rosa-vai-reduzir-custos-com-a-implementação-de-usina-solar-1.777067> >. Acesso em 10 de mar. De 2022.

PROCEL. Disponível em: < <http://www.procelinfo.com.br/data/Pages/LUMIS623FE2A5ITEMID6C524BD8642240ECAD7DEF8CD7A8C-0D9PTBRIE.htm> >. Acesso em 24 de jan. de 2022.

PROUZEAU, A. et al. Visual analytics for energy monitoring in the context of building management. In: *International Symposium on Big Data Visual and Immersive Analytics (BDVA)*. [S.l.: s.n.], 2018. p. 1–9.

RECIFE, P. do. Prefeitura do recife lança edital para contratar estudos que vão desenvolver ppp para geração de energia fotovoltaica. 2022. Disponível em: < <http://www2.recife.pe.gov.br/noticias/20/01/2022/prefeitura-do-recife-lanca-edital-para-contratar-estudos-que-vaio-desenvolver-ppp> >. Acesso em 10 de mar. de 2022

REZESSY, S. et al. Municipalities and energy efficiency in countries in transition: Review of factors that determine municipal involvement in the markets for energy services and energy efficient equipment, or how to augment the role of municipalities as market players. *Energy Policy*, Elsevier, v. 34, n. 2, p. 223–237, 2006.

ROCHA, H. et al. Exterior lighting computer-automated design based on multi-criteria parallel evolutionary algorithm: optimized designs for illumination quality and energy efficiency. *Expert Systems with Applications*, v. 45, p. 208–222, 2016. ISSN 0957-4174. Disponível em: < <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0957417415006752> >. Acesso em 14 de fev. de 2022

SHINTABELLA, R.; ABDULLAH, A. G.; HAKIM, D. Application of genetic algorithm in optimizing redesign of street lighting. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, v. 1098, p. 042036, 03 2021. Acesso em 14 de fev. de 2022

SOMA, I. Somasig – gestão iluminação pública. 2016. Disponível em: < <http://institutosoma.org.br/areas-de-atuacao/geoprocessamento/somasig-gestao-iluminacao-publica> >. Acesso em 16 de fev. de 2022

SPUR, M.; HOUEL, N.; TOURRE, V. Visualizing multilayered geospatial data in virtual reality to assess public lighting. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, v. 43, p. 623–630, 2020.