



---

FABIANO AZEVEDO DE LIMA

**ESTUDO SOBRE ENERGIA FOTOVOLTAICA NA  
ILUMINAÇÃO PÚBLICA**

FABIANO AZEVEDO DE LIMA

**ESTUDO SOBRE ENERGIA FOTOVOLTAICA NA  
ILUMINAÇÃO PÚBLICA**

---

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à  
(Faculdade Anhanguera), como requisito parcial para a  
obtenção do título de graduado em (Engenharia elétrica).

Orientador: MARCUS RIGHETT

Jundiaí  
2022

FABIANO AZEVEDO DE LIMA

## **ESTUDO SOBRE ENERGIA FOTOVOLTAICA NA ILUMINAÇÃO PÚBLICA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à  
(Faculdade Anhanguera), como requisito parcial  
para a obtenção do título de graduado em  
(Engenharia elétrica).

### **BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Esp. Adalberto Catalano

---

Prof. Dr. Herbert R. do Nascimento Costa

---

Prof. Me. Marcos Almeida do Amaral

Jundiaí, 07 de Novembro de 2022

Dedico este trabalho a minha  
família e professores que me ajudaram  
durante todo o processo de formação

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente agradeço a Deus pela vida e a cada dia que me presenteia, a minha família pelo apoio, força e paciência, por todo tempo que abrimos mão de estar juntos. A todos os amigos e amigas que fizemos na faculdade e aos professores que dedicaram o tempo para transferir o máximo de conhecimento para termos um desempenho melhor, inclusive em meio a pandemia da covid 19.

LIMA, Fabiano Azevedo. Estudo sobre energia fotovoltaica na iluminação pública. 2022. 26. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia elétrica) – Faculdade Anhanguera, Jundiai, 2022.

## RESUMO

Com uma alta demanda para a iluminação pública e a necessidade de entregar um serviço melhor e sustentável para a população brasileira, buscando economia na implantação da iluminação pública e no consumo elétrico, pesquisamos uma forma de implantar o sistema foto voltaico na iluminação publicas e buscando novas tecnologias como a lâmpada de led para trazer benefícios na iluminação dos ambientes públicos, como rodovias, praças e etc, e um custo menor na manutenção deste sistema. Entendendo melhor os sistemas foto voltaico on grid e off grid, e em qual situação é melhor aplicado no sistema de iluminação pública brasileiro, usando se uma revisão literária observasse que temos pouco conteúdo literário para um tema abrangente e importando com isso não foi possível atingir pleno resultado com base de dados de fortes seguras e confiáveis e isso faz com que continuemos a desbravar e buscar uma melhora para implementação deste sistema e levantar dados para que consiga chegar a conclusão do seu reais benefícios.

**Palavras-chave:** Iluminação pública. Energia solar. LED. Energia fotovoltaica.

LIMA, Fabiano Azevedo. Estudo sobre energia fotovoltaica na iluminação pública. 2022. 26. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia elétrica) – Faculdade Anhanguera, Jundiai, 2022

### **ABSTRACT**

With a high demand for public lighting and the need to deliver a better and sustainable service to the Brazilian population, seeking savings in the implementation of public lighting and in electrical consumption, we researched a way to implement the photovoltaic system in public lighting and looking for new technologies such as the led lamp to bring benefits in the lighting of public environments, such as highways, squares, etc., and a lower cost in the maintenance of this system. Better understanding the on grid and off grid photovoltaic systems, and in which situation it is best applied in the Brazilian public lighting system, using if a literary review observed that we have little literary content for a comprehensive theme and importing with that it was not possible to reach full result with strong secure and reliable database and this makes us continue to explore and seek an improvement for the implementation of this system and collect data so that it can reach the conclusion of its real benefits.

**Keywords:** Public lighting. Solar energy. LED. Photovoltaics.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1</b> – Iluminação pública .....	15
<b>Figura 2</b> – Panorama da iluminação pública no brasil por região .....	17
<b>Figura 3</b> – Panorama de iluminação pública no Brasil tecnologias .....	18
<b>Figura 4</b> – Sistema on grid .....	21
<b>Figura 5</b> – Sistema off grid .....	25



## LISTA DE TABELAS

**Tabela 1** – Consumo de energia Elétrica faturado no Brasil em 2003 ..... 16

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANNEEL	Agencia Nacional de Energia Elétrica
IP	Iluminação Publica
LED	Ligth Emitting Diode (Diogo Emissor de Luz)
TWH	Terawatt hora

## SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	13
2.	A ILUMINAÇÃO PÚBLICA.....	15
2.1	POSTE COM ENERGIA SOLAR .....	19
3.	SISTEMA FOTOVOLTAICO.....	21
4.	SISTEMA FOTO VOLTAICO OFF GRID .....	24
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	26

## 1. INTRODUÇÃO

Neste trabalho foi apresentado o sistema de iluminação pública que utiliza a lâmpadas a vapor conectada a um sistema de transmissão elétrica na rede, abordando a utilização do sistema fotovoltaico, on Grid e off Grid, junto a utilização de lâmpadas de LED.

Inicialmente foi abordado o sistema mais utilizado que é o sistema de iluminação pública conectado à rede de distribuição local, usando lâmpadas a vapor de sódio de baixa pressão, que existe desde a década de 1930, e em seguida foi abordado a inclusão do sistema fotovoltaico na iluminação pública e a utilização de lâmpadas de LED.

Este trabalho é importante pois vem em busca de um sistema que pretende mudar o foco do modelo que utiliza as lâmpadas a vapor de baixa pressão, em relação a iluminação pública. É um modelo que vem de acordo com a visão de um sistema futuro que pretende além de diminuir os custos de manutenção no sistema, torna o sistema ecológico e trazendo benefícios para a população em geral. Esta pesquisa foi de encontro com o objetivo da maior parte das pesquisas com relação a um sistema sustentável que melhore o ambiente, buscando um menor impacto ambiental e redução dos custos.

O problema de pesquisa foi que com a crise energética, a dificuldade de manutenção e o custo do sistema de iluminação pública, será que a utilização de sistemas fotovoltaico resolveria essas questões?

O objetivo geral foi estudar a respeito da iluminação pública que utiliza a lâmpada a vapor de baixa pressão, e como a implantação do sistema solar fotovoltaico, busca soluções benéficas e econômicas, melhoraria o sistema, apresentar o funcionamento do sistema solar fotovoltaico para a iluminação pública. Enquanto o objetivo específico foi definir os principais fatores para o uso do sistema fotovoltaico na iluminação pública e os benefícios do sistema solar fotovoltaico para a rede de iluminação pública.

O tipo de pesquisa realizado foi uma revisão de literatura, foi pesquisado livros, dissertações e artigos científicos selecionados através de base de dados em livros, dissertações e artigos acadêmicos. Baseado em: Energia, recomendações para

uma estratégia nacional de combate ao desperdício, 2001. Energia solar fotovoltaica: Revisão bibliográfica. Engenharias On-line, 2016 e iluminação pública panorama, tecnologias atuais e novos paradigmas,2021.

## 2. A ILUMINAÇÃO PÚBLICA

A iluminação pública (IP) é um serviço essencial à qualidade de vida nas cidades, contribuindo para a segurança dos cidadãos, segurança do tráfego de pedestre e veículos, incremento do comércio e turismo no período noturno, além de destacar edifícios e monumentos de interesse histórico e cultural.

(Casagrande, 17, setembro de 2020)

Figura 1 iluminação pública



No Brasil, o consumo de energia elétrica destinado à iluminação é expressivo. Cerca de 17% do consumo total de energia elétrica está associado à produção de luz através da energia elétrica, incluindo a iluminação pública

(KOZLOFF et al.,2001).

Segundo a tabela da Eletrobrás, 2004, a iluminação pública representa cerca de 3,5% do consumo total de energia elétrica. Demonstra a distribuição do consumo faturado de energia elétrica no Brasil no ano de 2003, um total de 301 TWh faturados, cerca de 10 TWh foram associados à iluminação pública.

Consumo de Energia Elétrica Faturado no Brasil em 2003 (MWh)

RESIDENCIAL	76.349.290	25,4%
INDUSTRIAL	129.782.651	43,1%
COMERCIAL, SERVIÇOS E OUTRAS ATIVIDADES	47.730.371	15,9%
RURAL	13.975.666	4,6%
PODER PÚBLICO	8.914.512	3,0%
ILUMINAÇÃO PÚBLICA	10.349.551	3,4%
SERVIÇO PÚBLICO TRAÇÃO, ÁGUA E ESGOTO	11.294.141	3,8%
CONSUMO PRÓPRIO	2.563.886	0,9%
TOTAL FATURADO	300.960.067	100,0%

Fonte: Eletrobrás, 2004e

Com as informações acima mostra a importância que é a iluminação pública no Brasil no ano de 2004.

Art. 8 – O estabelecimento de redes de distribuição e o comércio de energia elétrica dependem exclusivamente de concessão de autorização federal” “Parágrafo único – Os fornecimentos de energia elétrica para serviços de iluminação pública, ou para quaisquer serviços públicos de caráter local explorados pelas municipalidades, serão regulados por contratos de fornecimento entre estas e os concessionários ou contratantes, observando o disposto nos 32/161 respectivos contratos de concessão ou de exploração, celebrados com o Governo Federal, para distribuição de energia elétrica na zona em que se encontrar o município interessado.

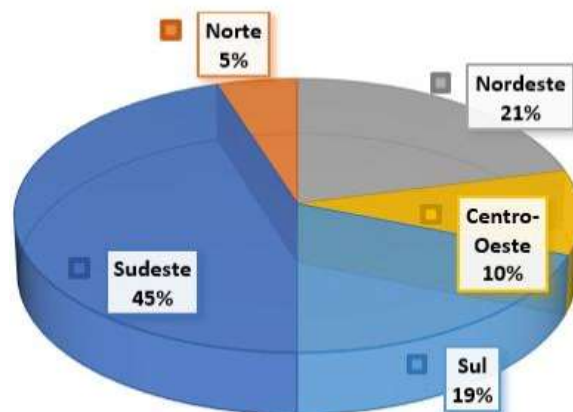
Para conhecimento ao leitor, a iluminação pública no Brasil não é centralizada na União, mas sim, de responsabilidade de cada município tornando-o mais complexo de uma forma geral. Porém dá a liberdade de cada município decidir a importância de realizar melhoria para sua população, conforme o artigo 8º do Decreto Lei nº 3.763 (Brasil 1941)

Como observado entende-se que cada município é responsável pela manutenção e melhoria da iluminação pública da sua região.

Segundo o levantamento publicado pela Eletrobras em 2008 com as distribuidoras de energia o Brasil possuía em na média de 14,7 milhões de pontos de iluminação pública, que na época representava aproximadamente uma de manda de 2,2GW com um consumo de 9,7 bilhões de kwh/ano, esse valor correspondia a 4,5% da demanda nacional e 3% do consumo total de energia elétrica do brasil

(ELETROBRAS, 2015)

Figura 2 – panorama de iluminação pública no Brasil distribuição entre as regiões brasileira



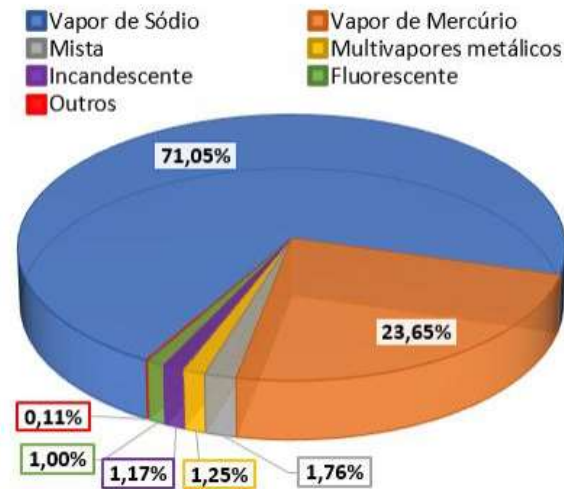
Fonte: Eletrobrás, 2012

Na tabela a cima mostra o panorama de iluminação pública no Brasil entres as regiões brasileiras, região Norte representa 5%, Nordeste 21%, Centro Oeste 10%, Sul 19% e Sudeste com a maior fatia de 45%.

Na figura abaixo mostra as tecnologias utilizadas no mesmo período.



Figura 3 – panorama de iluminação pública no Brasil as tecnologias utilizadas



Fonte: Eletrobrás, 2012

Como pode se visto na figura 2 aproximadamente 96% dos pontos em 2012 utilizavam lâmpadas de descarga em alta pressão, lâmpadas de vapor de sódio, lâmpadas de vapor de mercúrio, e multivapores metálicos. Para um funcionamento adequado dessas lâmpadas é necessário um reator eletromagnetizado.

Nos casos das lâmpadas de multivapores metálicos e vapor de sódio necessitam de um ignitor para a sua partida. Segundo NOGUEIRA, 2003, o rele fotoelétrico é um dispositivo de comando que pode ligar uma única, ou um conjunto de lâmpadas.

## 2.1 POSTE COM ENERGIA SOLAR

A energia solar ganha cada vez mais espaço na sociedade, sendo uma alternativa que vai além da aplicação residencial e empresarial. O poste de energia solar (fotovoltaico) é um exemplo disso, responsável por levar energia à população pela iluminação pública, que utiliza uma fonte de energia renovável.

As principais características do poste de luz com energia fotovoltaica, incluindo os princípios do seu funcionamento e os seus maiores benefícios.

Vantagens do poste de energia solar na iluminação pública, é sustentabilidade, economia de gastos, longa vida útil, mais segurança. Essas são apenas algumas das vantagens proporcionada por esse sistema, as quais justificam um aumento na utilização desta tecnologia, sobretudo na aplicação da energia fotovoltaica na iluminação pública.

Os postes de luz com energia fotovoltaica são de fácil instalação, já que, ao contrário dos postes que usam energia convencional, não precisam ser enterrados, demandando um menor tempo de trabalho, basta instalar a base de cimento e prendê-la com parafusos de aço inoxidável.

Com o uso do poste de energia solar, é possível alcançar uma economia significativa nos gastos de iluminação pública. Isso porque não é preciso pagar pela eletricidade, havendo a própria geração de energia elétrica, o que garante uma independência energética.

O poste com energia solar produz energia por meio de uma fonte limpa e renovável, contribuindo para a redução das emissões de gás carbônico e, conseqüentemente, evitando danos ao meio ambiente.

A funcionalidade do poste de luz com energia fotovoltaica possui um sistema de iluminação composto por um módulo solar, um inversor solar, uma bateria, que tem uma durabilidade de pelo menos 4 anos quatro anos, e um controlador de carga.

Os módulos solares são responsáveis pela geração de energia durante o dia, que é acumulada nas baterias para que, durante o período noturno, a energia necessária para a iluminação. Podendo usar no projeto de poste com sistema fotovoltaico sensores de fotocélula para controlar o acionamento e o desligamento do eletricidade das luzes.

Dessa forma, o funcionamento dos postes solares é totalmente automático, havendo a possibilidade de ser programado para que permaneça aceso durante a noite toda ou por determinados períodos.

### 3. SISTEMA FOTOVOLTAICO.

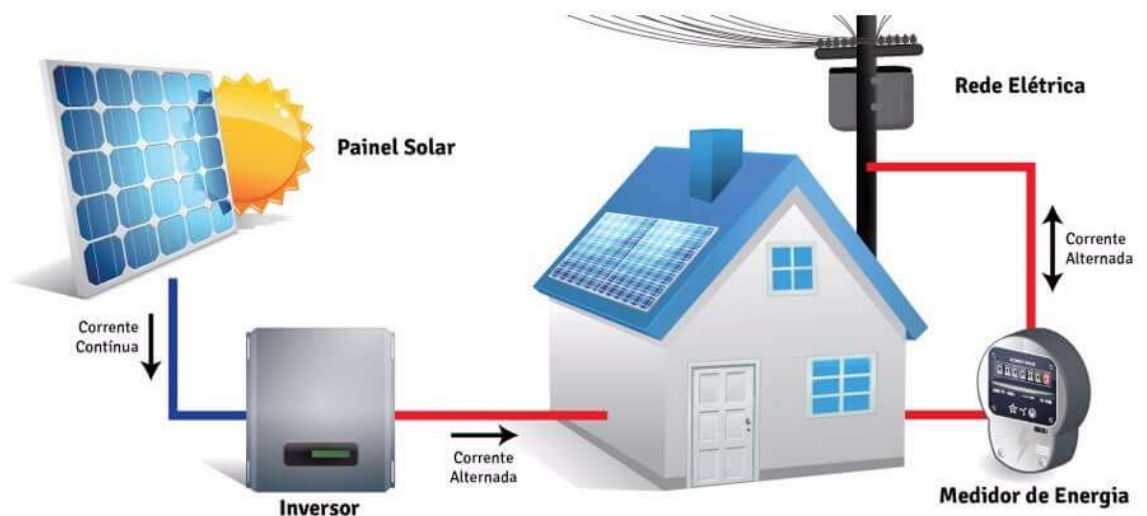
A Energia Solar Fotovoltaica é a energia gerada na conversão da luz solar em eletricidade, isto se chama efeito fotovoltaico, relatado por Edmond Becquerel, em 1839, é o aparecimento de uma diferença de potencial nos extremos de uma estrutura de material semicondutor, que produz através absorção da luz solar. A célula fotovoltaica é a responsável pelo processo de conversão

(CRESESB, 2006).

O sistema on grid funciona integrado a rede de distribuição de energia elétrica, com painel fotovoltaico é gerado energia elétrica em corrente contínua, depois é convertida por corrente alternada por um inversor de frequência que é responsável por realizar a integração entre painel e rede elétrica.

(PEREIRA & OLIVEIRA, 2013).

Figura 4 – desenho de um sistema on grid



Como mostra a imagem acima o painel foto voltaico e ligado no inversor onde é transformado corrente continua em corrente alternada, em seguida entra para o sistema da casa e o excedente vai para a rede que é controlado por um medidor de energia para ter o controle de quanto foi gerado, assim sendo possível calcular a quantidade fornecida pela rede e o consumo da casa, este sistema tem o nome de on grid ou seja ligado a rede de distribuição da região.

Nas instalações solares on-grid, sistemas de microgeração conectados à rede pública de energia elétrica, a interface com a companhia de energia deve ser feita por meio de um medidor bidirecional. Quando o sistema fotovoltaico gera mais energia que a instalação precisa e injeta esse excedente na rede, o medidor contabiliza esse valor e beneficia o consumidor. Quando o contrário acontece, instalação consumidora consumindo mais energia do que a gerada, o medidor funciona contabilizando de modo a cobrar o proprietário pelo uso da eletricidade da companhia (RÜTHER, 2004).

O sistema on-grid depende da rede para funcionar, portanto caso ocorra a queda da rede o mesmo será imediatamente desligado não funcionando como sistema de backup. Isto é necessário, pois no caso de uma manutenção a rede não pode estar eletrificada e para proteger o arranjo fotovoltaico, que não deve funcionar isolado (RÜTHER, 2004).

O método mais utilizado para negociar eletricidade a partir de fontes renováveis é o Net Metering que funciona como um incentivo de créditos ao proprietário da instalação. Caso ele produza a mesma quantidade de energia que consome, não paga nada (exceto as taxas fixas cobradas pela companhia, como conexão, distribuição, etc.). Já se a produção excede o seu consumo, essas “sobras” são transferidas para o próximo mês como forma de crédito (GROUP, 2017).

Os inversores para sistemas on-grid (grid-tie) são muito mais sofisticados que os inversores utilizados nos sistemas autônomos, pois são os mesmos que gerenciam todo o sistema. Os inversores grid-tie atuais, em sua grande maioria, possuem seguidor do ponto de máxima potência (MPPT), o qual permite aproveitar ao máximo a capacidade de geração do arranjo fotovoltaico ao qual está conectado, devido ao fato de não necessitarem de sistemas de armazenamento (controladores de carga e baterias), a rede elétrica age como uma carga, absorvendo a energia elétrica gerada (GROUP, 2017).

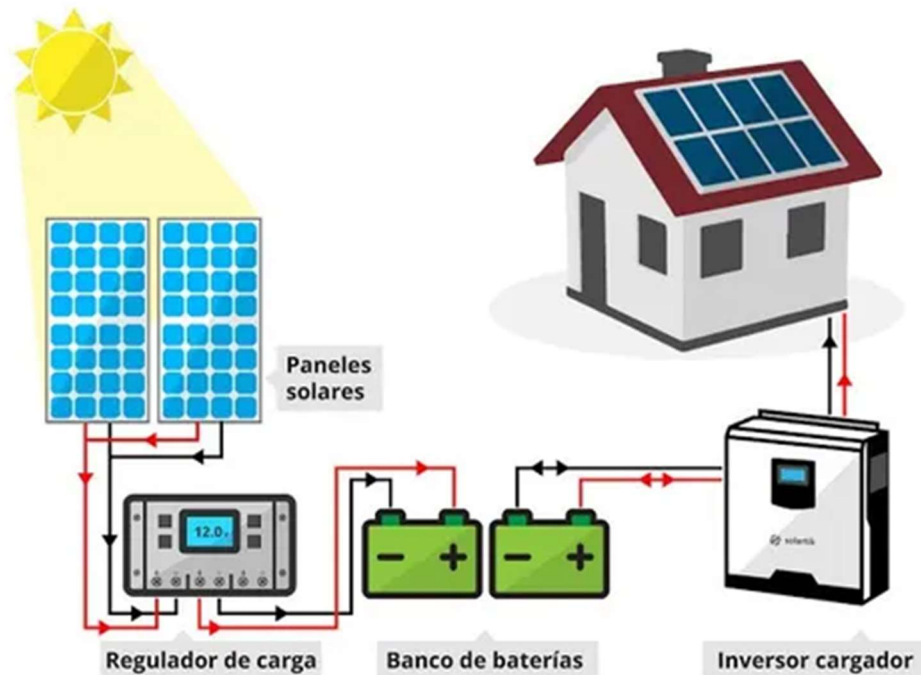
Devido os sistemas on-grid serem conectados à rede de distribuição elétrica das concessionárias seu uso deve ser regulamentado pelos órgãos responsáveis, no caso do Brasil a Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL que aprovou recentemente (Abril de 2012) uma nova Resolução Normativa nº 482/2012. Essa nova regulamentação cria um novo horizonte e incentivo para a produção de energia elétrica alternativa (GROUP, 2017).

#### 4. SISTEMA FOTO VOLTAICO OFF GRID

Um Sistema Fotovoltaico Autônomo depende unicamente da radiação solar para gerar energia elétrica através dos painéis fotovoltaicos. Esse tipo de sistema, geralmente, possui um sistema de armazenamento de energia constituído por um Banco de Baterias e necessita, dependendo da aplicação, de controladores de carga e inversores CC/CA. Conforme o CRESESB os sistemas são duráveis e precisam de pouca manutenção. Os módulos fotovoltaicos normalmente têm garantia de 20 anos. Os dispositivos eletrônicos, inversor e controlador de carga, têm vida útil superior a 10 anos. As baterias são consideradas o ponto fraco do sistema, mas quando bem dimensionadas podem ter vida útil de 4 a 5 anos (TOLMASQUIM, 2016).

As baterias usadas em sistemas fotovoltaicos são as do tipo estacionárias, ou seja, podem ser descarregadas a uma profundidade maior, garantindo uma vida útil significativamente maior ao se comparado a baterias convencionais. A capacidade da bateria é quantificada de acordo com a quantidade de corrente que ela consegue oferecer por hora. A escolha da bateria será feita de acordo com o tamanho do sistema, considerando a potência das cargas a serem alimentadas e o tempo de autonomia desejado. Segundo O Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos - CRESESB (2004), a operação de uma bateria usada em um sistema solar fotovoltaico deve atender a dois tipos de ciclos: ciclos rasos a cada dia ou ciclos profundos por vários dias tempo nublado ou semanas durante o inverno (TOLMASQUIM, 2016).

Figura 5 – desenho de um sistema off grid



Conforme imagem acima se se observa que diferente do sistema on grid ele não está ligado a rede, neste esquema o painel solar produz energia elétrica em corrente contínua, vai para o regulador de carga que que recarrega o banco de baterias que depois passa pelo inversor de frequência para transformar a energia de corrente contínua para corrente alternada para ser usado na residência.



## **5. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Conforme apresentado no trabalho o objetivo do trabalho foi pesquisar a respeito de uma implementação de energia solar na iluminação pública tendo um objetivo melhoria no serviço prestado a comunidade, custos e manutenção, a iluminação pública se mostra como um sistema muito importante para a segurança e conforto para a população.

Com a busca de incluir a iluminação na iluminação pública sistemas renováveis como o sistema foto voltaico on grid ou off grid para regiões mais afastadas, um tema importante para o futuro, precisa de mais pesquisas para se aprofundar no tema e levantar os verdadeiros custos e se realmente é vantajoso.

Juntos ao sistema foto voltaico também é abordado a inclusão de lâmpadas com melhor desempenho e durabilidade para ter uma vida útil do sistema maior e proporcionar um desempenho melhor buscando uma diminuição de custos e melhora no serviço prestados para a comunidade.

## REFERÊNCIAS

CASAGRANDE, Cristiano Gomes, Iluminação pública panorama, tecnologias atuais e novos paradigmas, 2021.

<https://biblioteca.aneel.gov.br/Resultado/Listar?guid=1653444376891>

<https://www.gov.br/aneel/pt-br/centrais-de-conteudos/biblioteca>

<https://www.portalsolar.com.br/poste-energia-solar>.

Jannuzzi, Gilberto de Martino et al. **Energia: recomendações para uma estratégia nacional de combate ao desperdício**

KOZLOFF, K.; COWART, R.; JANNUZZI, G. DE M.; MIELNIK, O., 2001 – Energia: Recomendações para uma Estratégia Nacional de Combate ao Desperdício – USAID, Campinas, 193p.

LANA, Luana Teixeira Costa et al. **Energia solar fotovoltaica: Revisão bibliográfica.** Engenharias On-line, 2016.

PEREIRA, F.; OLIVEIRA, M. Curso técnico instalador de energia solar fotovoltaica. Porto: Publindústria, 2011

TOLMASQUIM, Mauricio Tiomno. Energia Renovável: Hidráulica, Biomassa, Eólica, Solar, Oceânica. EPE, Editora Interciência, Rio de Janeiro, 2016.

VILLALVA, M.; GAZOLI, J. Energia solar fotovoltaica: conceitos e aplicações. São Paulo: Erica, 2012

ZILLES, R.; et al. Sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica. São Paulo: Oficina de Textos, 2012.