



Universidade Federal
de Campina Grande

Universidade Federal de Campina Grande

Centro de Engenharia Elétrica e Informática

Curso de Graduação em Engenharia Elétrica

ELIAMARE ALVES DA SILVA

DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE ILUMINAÇÃO INTERNA
UTILIZANDO ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA COMO UMA SOLUÇÃO DE
ILUMINAÇÃO PARA O PROJETO LITRO DE LUZ

Campina Grande, Paraíba
Dezembro de 2018

ELIAMARE ALVES DA SILVA

DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE ILUMINAÇÃO INTERNA
UTILIZANDO ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA COMO UMA SOLUÇÃO DE
ILUMINAÇÃO PARA O PROJETO LITRO DE LUZ

*Trabalho de Conclusão de Curso submetido à
Coordenação do Curso de Graduação em
Engenharia Elétrica da Universidade Federal de
Campina Grande como parte dos requisitos
necessários para a obtenção do grau de
Bacharel em Ciências no Domínio da
Engenharia Elétrica.*

Área de Concentração: Processamento da Energia

Orientador

Professor Dr. Jalberth Fernandes de Araujo

Campina Grande, Paraíba
Dezembro de 2018

ELIAMARE ALVES DA SILVA

DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE ILUMINAÇÃO INTERNA
UTILIZANDO ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA COMO UMA SOLUÇÃO DE
ILUMINAÇÃO PARA O PROJETO LITRO DE LUZ

*Trabalho de Conclusão de Curso submetido à
Coordenação do Curso de Graduação em Engenharia
Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande
como parte dos requisitos necessários para a obtenção do
grau de Bacharel em Ciências no Domínio da Engenharia
Elétrica.*

Área de Concentração: Processamento da Energia

Aprovado em / /

Professor Dr. Célio Anésio da Silva
Universidade Federal de Campina Grande
Avaliador, UFCG.

Professor Dr. Jalberth Fernandes de Araujo
Universidade Federal de Campina Grande
Orientador, UFCG

Dedico este trabalho à minha família, aos meus amigos, ao Litro de Luz e a todos que me ajudaram a chegar até aqui.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, que me permitiu concluir este trabalho e sempre me deu forças em todos os momentos. Pois, Deus para mim é uma necessidade para superar e suportar todas as adversidades da vida, me sendo um suporte e um abrigo em todos os momentos.

Agradeço ao meu pai, Heleno, que mesmo tendo pouco estudo fez de tudo para minha boa educação, e sempre me ensinou a valorizar os meus estudos, o meu esforço e o trabalho digno. Agradeço a minha mãe, a qual eu devo boa parte do meu lado humano, com seu coração que não cabe em palavras. Agradeço aos meus irmãos: Elijane, Maruelson, Elves e Madson que, juntos, conseguimos nos manter firmes e superar o momento mais difícil de nossas vidas, após o falecimento de nosso pai. Agradeço também a toda minha família, tios, primos e avós por todo carinho e apoio, sem vocês eu não chegaria a esta etapa da minha vida.

Agradeço às minhas amigas: Renata, Jasmyne e Raissa, que dividiram o teto comigo durante esses cinco anos de graduação, fazendo parte do meu processo de evolução como ser humano, me alegrando nos momentos mais diversos e me auxiliando sempre que necessário. A vocês toda minha gratidão. Agradeço também aos meus outros amigos de minha cidade natal, Bom Conselho-PE, que atualmente moram em Campina Grande-PB, que sem dúvidas, cada um de uma forma especial, contribuiu com essa conquista.

Agradeço aos meus colegas de graduação, que tantas vezes dividiram comigo noites em claro estudando, e tantas outras vezes me colocaram nos braços quando me faltava forças para caminhar. Sempre guardarei cada gesto de carinho, de compreensão e de amor dado por cada um de vocês. Em especial, agradeço a Carol e Vinícius que me acolheram e me ajudam sempre de forma muito especial. Agradeço também ao meu namorado, que é um companheiro e amigo que sempre me apoia em todas as áreas da minha vida.

Agradeço ao Litro de Luz por ter me dado a oportunidade de viver momentos únicos, de conhecer pessoas únicas, e de utilizar a minha profissão como um meio de contribuir positivamente para a sociedade. Agradeço pela minha equipe de iluminação interna que me auxiliou em todos os momentos. Agradeço também, ao professor Jalberth,

que acreditou neste trabalho e vem me auxiliando em todos os passos. Obrigado por tentar sempre melhorar a nossa formação, por acreditar em seus alunos e por vir lutando para que o ambiente da graduação seja mais acolhedor. Você é um exemplo a ser seguido. Agradeço também ao professor convidado pela atenção e disponibilidade.

Por fim, porém não menos importante, agradeço a Tchaikovsky e Adail, por ser esse time imbatível e extremamente competente, solucionando todos os problemas dos alunos, nos tratando com tanto carinho e respeito. Agradeço por todo o auxílio durante minha graduação.

Para finalizar, agradeço a todos que de alguma forma passaram pela minha vida e contribuíram para a construção de quem sou hoje. Muito obrigado!

“Amar e mudar as coisas me interessa mais.”

Belchior.

RESUMO

Neste relatório apresentam-se as etapas do desenvolvimento de um produto que objetiva ser uma solução para a falta de iluminação interna em residências que não possuem energia elétrica ou que possuem, porém de forma inadequada. O produto consiste no desenvolvimento de um sistema de iluminação de baixo custo, como uma alternativa mais ecológica e financeiramente viável para substituição dos candeeiros, velas, ligações elétricas clandestinas, entre outros meios não seguros de se iluminar o interior das casas. Sendo uma alternativa para evitar a exposição diária à fumaça tóxica proveniente dos candeeiros, aos acidentes com velas e outros dispositivos que utilizam fogo com o objetivo de iluminação, e à própria utilização de ligações elétricas clandestinas que também podem provocar incêndios e choques elétricos. Para o desenvolvimento do sistema, foi utilizada uma tecnologia econômica composta por garrafas plásticas, baterias, painéis solares e lâmpadas LED. O sistema permite que os usuários executem suas atividades cotidianas que necessitam de luz de forma mais segura e saudável.

Palavras-chave: Energia Solar Fotovoltaica, Sistemas Autônomos Puros CC, Iluminação Interna Residencial.

ABSTRACT

This report presents the steps for the development of a device that presents itself as a solution to the lack of internal lighting in homes that do not have electricity or which have, however, inadequately. The product consists of the development of a low cost lighting system, being a more ecological and financially viable alternative in the replacement of petroleum lamps, candles, clandestine electrical connections, among other unsafe means of interior lighting. Therefore, the present alternative was developed to avoid direct human contact with the toxic smoke from the petroleum lamps, the accidents with candles and other devices that use fire for the purpose of lighting, and the very use of clandestine electrical connections that can cause fires and shocks. Furthermore, the device is a cheap technology consisting of plastic bottles, batteries, solar panels and LED lamps. The system allows users to perform their day-to-day activities, which mostly require light, in a safe and healthy way.

Keywords: Photovoltaic Solar Energy, Pure Autonomous CC Systems, Residential Indoor Lighting.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Ação em Comunidades Ribeirinhas na Amazônia.....	16
Figura 2 – Ação em Campina Grande-PB.	16
Figura 3 – Ação em Morro do Chapéu – BA.	17
Figura 4 – 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS).....	18
Figura 5 – Lâmpada de Moser.....	20
Figura 6 – Poste Solar.....	21
Figura 7 – Sistema de Controle do Poste.....	22
Figura 8 – Lâmpada Solar.	23
Figura 9 – Representação de Sistema Isolado Puro CC.	25
Figura 10 – Irradiação Solar em Campina Grande – PB.	30
Figura 11 – Esquemático Elétrico.	34
Figura 12 – Planta Baixa da Residência.	35
Figura 13 – Planta Baixa Elétrica.	36
Figura 14 – Representação das Luminárias.....	37
Figura 15 – Representação Simplificada do Sistema.....	38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Classificação dos Sistemas Fotovoltaicos.	25
Tabela 2 – Dimensões dos Cômodos da Residência Proposta.	26
Tabela 3 – Iluminância Ideal Dos Cômodos.	26
Tabela 4 – Quantidade de Luminárias por Iluminância.	27
Tabela 5 – Quantidade de Luminárias por Área.....	27
Tabela 6 – Carga Demandada pelo Sistema.	28
Tabela 7 – Irradiação Solar na Cidade de Campina Grande- PB em Wh/m ²	29
Tabela 8 – Especificações do Pannel Solar	31
Tabela 9 – Quantidade de Painéis.....	31
Tabela 10 – Quantidade de Baterias.	32
Tabela 11 – Orçamento.....	38

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT

Centro de Referência para as Energias Solar e Eólica Sérgio de S. Brito - CRESESB

Organização Mundial da Saúde – OMS

Organização das Nações Unidas – ONU

Objetivos do Desenvolvimento Sustentável – ODS

SUMÁRIO

1	Introdução	14
1.1	Justificativa do Trabalho.....	15
1.2	Objetivos.....	18
1.2.1	Objetivos Específicos.....	19
1.3	Estrutura do Trabalho	19
2	Revisão Bibliográfica	20
2.1	Lâmpada de Moser.....	20
2.2	Poste Solar	21
2.3	Lampião Solar.....	22
3	Desenvolvimento do Sistema.....	24
3.1	Dimensionamento da Carga do Sistemas.....	26
3.2	Dimensionamento do Painel Fotovoltaico	28
3.3	Dimensionamento do Banco de Baterias	32
3.4	Controlador de Carga.....	33
4	Resultados.....	34
5	Conclusões.....	40
6	Bibliografias.....	42

1 INTRODUÇÃO

O acesso à energia elétrica está intimamente ligado ao desenvolvimento e bem-estar da população, pois por meio dela é possível determinar um novo ritmo de vida para a sociedade, permitindo a realização de atividades durante a noite, além de trazer diversos avanços sociais. Porém, o Brasil tem um déficit de 555 mil domicílios ainda sem acesso à energia elétrica, segundo o Relatório Luz da Agenda 2030 (2018). O que expõe que apesar dos avanços vistos no país nesse sentido, ainda existe uma acentuada exclusão energética.

Para ajudar a solucionar esse problema, o *Liter of Light*, movimento global presente em 20 países e com mais de 300.000 voluntários, visa fornecer soluções de iluminação ecologicamente sustentáveis para quem não possui acesso adequado à energia elétrica. No Brasil, intitulado Litro de Luz, o projeto chegou em 2014 e está presente nas 5 regiões do país, sendo a Célula Nordestina instalada em Campina Grande-PB.

Devido a forma de trabalho dentro do projeto, existe a real preocupação com o engajamento comunitário, sendo feito um programa relevante de desenvolvimento social dentro das comunidades. Devido a isso, são feitas várias visitas às comunidades contempladas e é verificado o impacto causado pela instalação das soluções nas comunidades. Sendo possível identificar os principais problemas e como a iluminação pode ajudar a resolvê-los. Como produto dessa observação, o que chamou a atenção foi a constatação do uso frequente de candeeiros para suprir a necessidade de iluminação, foi possível perceber, também, a associação constante deles com diversos problemas de saúde.

Segundo a Organização Mundial da Saúde - OMS (2018), muitas pessoas realmente utilizam lâmpadas a querosene para iluminar seus ambientes e acabam expondo suas residências a níveis muito altos de partículas finas criando riscos para a saúde. Isso porque, ainda segundo a OMS (2018), pequenas partículas e outros poluentes da fumaça inflamam as vias aéreas e os pulmões, impedem a resposta imunológica e reduzem a capacidade de oxigenação do sangue. Existindo ainda, relação entre poluição do ar em ambientes fechados e baixo peso, tuberculose, catarata e câncer de nasofaringe e laringe.

Outro problema grave observado, é o grande número de casas com instalações clandestinas, caso muito presente em comunidades urbanas. Em 2005 as perdas de energia elétrica no Brasil, reconhecidas pelas 64 concessionárias de energia elétrica, foram da ordem de 15% do total de energia que circulou no país, sendo que 32% desse percentual corresponderam a perdas geradas por fraude (FOIATTO, 2009). Sendo assim, percebe-se que esse ainda é um problema relevante encontrado no setor elétrico.

Como a maioria das comunidades visitadas são em bairros de baixo poder aquisitivo, as pessoas acabam vivendo à margem do desenvolvimento e ignoradas pelo estado. Isso faz com que os moradores recorram a ligações clandestinas, chamadas vulgarmente de “gatos de energia” e vivam expostos ao risco eminente de incêndios e choques elétricos. O que é um fato bastante relevante quando, segundo SILVA (2016), teve-se um total de acidentes com choques elétricos em 2015 de 822, sendo 627 fatais. No caso dos curtos-circuitos, o total foi de 311 casos, sendo que 295 evoluíram para incêndio, resultando em 20 mortes (todas elas em residências).

Diante da observação dessas comunidades e da percepção dos sérios problemas causados pela necessidade simples de ter iluminação dentro de casa para atividades do dia a dia, idealizou-se desenvolver um sistema que apresentasse baixa complexidade para melhor receptividade da tecnologia nas comunidades, fosse sustentável e apresentasse mais segurança aos usuários. Sendo assim, o produto final deste trabalho é um sistema de iluminação interna utilizando energia solar fotovoltaica, que seja mais uma solução de iluminação disponível para o projeto Litro de Luz.

1.1 JUSTIFICATIVA DO TRABALHO

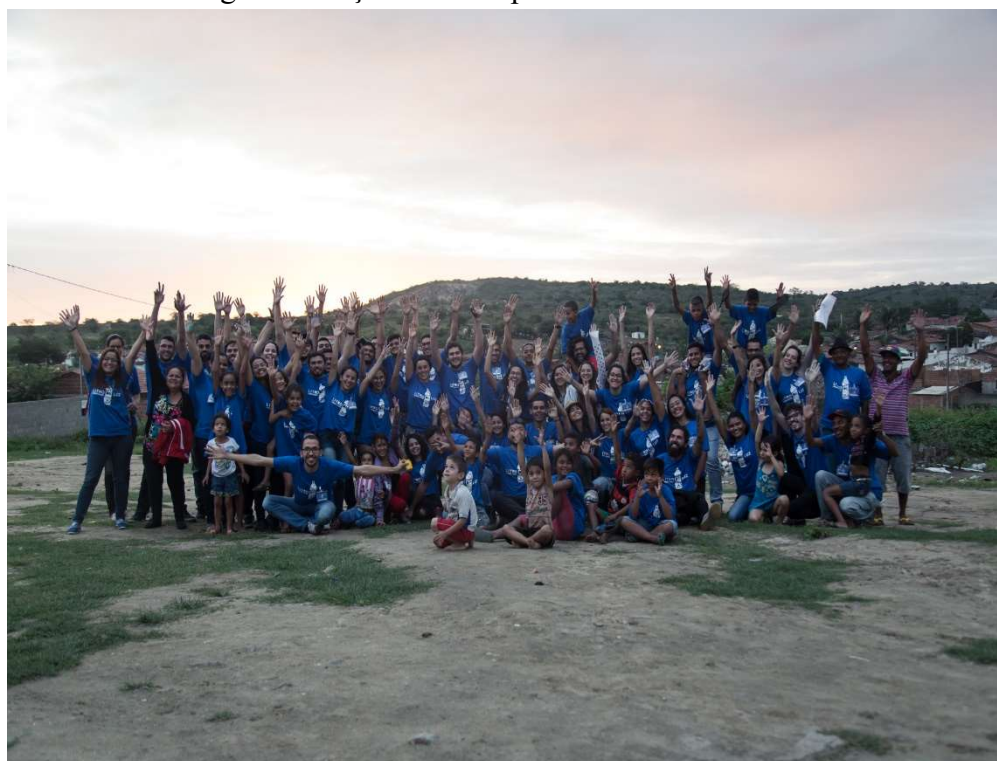
Em 2016, a autora do presente Trabalho de Conclusão de Curso iniciou suas atividades como voluntária do Projeto Litro de Luz pela célula de Campina Grande-PB, conhecendo várias comunidades dos mais diversos tipos: rural, indígena, urbana, quilombola e ribeirinha, acompanhando de perto vários problemas vividos diariamente por essas comunidades. Isso foi possível, devido à atuação do Litro de Luz em todas as regiões do Brasil, como pode-se ver nas Figuras 1, 2 e 3. O que essa atuação em todo país mostra é que apesar de algumas regiões sofrerem mais que outras, todas as regiões do país ainda sofrem com a falta de energia elétrica.

Figura 1 - Ação em Comunidades Ribeirinhas na Amazônia.



Fonte: Arcangelo (2017).

Figura 2 - Ação em Campina Grande-PB.



Fonte: Selva Produções e Eventos (2017).

Figura 3 - Ação em Morro do Chapéu – BA.



Fonte: Facebook Litro de Luz Brasil (2018).

Com o voluntariado, a autora viu e ouviu problemas diversos devido à falta de energia elétrica. Relatos que se estendiam desde evitar se alimentar com peixes durante a noite devido às espinhas, com receio de engasgamento, até a perda de visão dos idosos, que mesmo recebendo tratamento, voltam para casa e se expunham à fumaça proveniente dos candeeiros, comprometendo a visão dessas pessoas gravemente.

Decidiu-se desenvolver este trabalho devido aos problemas tão graves associados à necessidade de luz. Contudo, umas das preocupações também, foi estar em fase com os objetivos propostos pela Agenda 2030. Que se caracteriza como um documento que objetiva orientar as nações do planeta rumo ao desenvolvimento sustentável, erradicação da pobreza extrema e reforço da paz mundial. Acredita-se que pôr o mundo em um caminho sustentável é urgente e necessário e que de alguma forma esse trabalho pode contribuir com esses objetivos.

Isso porquê, a Agenda 30, sugere diversos programas e ações a serem desenvolvidas pelos países membros da Organização das Nações Unidas (ONU) no período de 2016 a 2030. Guiada pelos propósitos e princípios da Carta das Nações Unidas, se baseando nos 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável - ODS (Figura 4) e 169 metas complementares, com base nos pilares: econômico, social e ambiental, a ODS trata da importância de assegurar o acesso confiável, sustentável, moderno e a preço acessível

à energia elétrica para todos. Traçando metas focadas na transição energética, de fontes não renováveis e poluidoras, para fontes renováveis limpas.

Figura 4 – 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS).



Fonte: Plataforma Agenda 2030 (2018).

Acreditando nos princípios que o desenvolvimento sustentável deve buscar combater as desigualdades, a preservação do planeta, a criação do crescimento econômico sustentado, inclusivo e sustentável e a promoção da inclusão social, a equipe de Iluminação Interna do Litro de Luz Campina Grande - PB, liderada pela autora, desenvolveu este trabalho visando sua instalação em comunidades carentes que necessitam da tecnologia.

O projeto possui 3 outros produtos que são chamados de soluções. Porém, na iluminação interna são apresentadas características diferentes devido a sua preocupação de iluminar apenas ambientes internos e por ser voltado para iluminação simultânea de todos os cômodos da casa, sendo uma idealização que está sendo concretizada neste Trabalho de Conclusão de Curso.

1.2 OBJETIVOS

O objetivo geral deste trabalho é desenvolver um sistema de iluminação interna para residências utilizando energia solar fotovoltaica, aos moldes das diretrizes do projeto Litro de Luz. Para isso, é necessário que a solução seja sustentável e utilize componentes reciclados e de baixo custo, que seja acessível do ponto de vista construtivo para pessoas que não possuem conhecimento técnico na área. Além disso, que também possam ser instalados em residências que não possuem acesso à energia elétrica proveniente das concessionárias como solução para falta de iluminação de forma segura.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Desenvolver um sistema que seja uma alternativa ao uso dos candeeiros, velas e ligações clandestinas em residências que não possuem energia elétrica, ou que possuem de forma irregular em seu interior;
- Desenvolver um sistema de iluminação de baixo custo utilizando energias renováveis;
- Utilizar elementos reciclados no desenvolvimento do sistema;
- Desenvolver um sistema que possua baixa complexidade do ponto de vista de instalação;
- Desenvolver um sistema eficiente para a utilização durante todo o dia.

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

A estrutura deste trabalho segue com o Capítulo 2 apresentando uma revisão bibliográfica sobre os equipamentos utilizados como soluções pelo Litro de Luz até o presente momento. No Capítulo 3 é apresentado o dimensionamento da carga necessária, com dimensionamento do painel e baterias para suprir a carga determinada para o funcionamento do sistema. E por fim, o Capítulo 4, com os resultados finais. Finalizando com as conclusões e proposta de refinamento para trabalhos posteriores.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Atualmente, o Litro de Luz dispõe de 3 soluções para a falta de energia elétrica, que são: A lâmpada de Moser, o poste solar e o lampião solar.

2.1 LÂMPADA DE MOSER

De origem Brasileira, foi desenvolvida pelo mecânico Alfredo Moser, em 2002, com o objetivo de iluminar sua oficina durante o dia, devido aos intensos apagões sofridos no país na época. A lâmpada consiste em uma garrafa PET com água e alvejante fixada em um orifício no teto, permitindo que a luz externa invada o ambiente. Devido ao princípio da refração, a luz consegue se dispersar em todas as direções, gerando um efeito de uma lâmpada comum, como pode-se ver na Figura 5.

Figura 5 - Lâmpada de Moser.



Fonte: Revista Guia Fundamental (2018).

Devido ao baixo custo com relação às lâmpadas convencionais, evidentemente devido aos seus aspectos construtivos com materiais encontrados facilmente, ela ganhou o mundo e já foi instalada e replicada milhares de vezes. A solução foi levada por Illac Diaz para as Filipinas, que acarretou na fundação do Litro de Luz em 2012 e foram instaladas em 140 mil casas Filipinas. Se espalhando, posteriormente, para outros países como Quênia, Colômbia, Honduras e Brasil.

2.2 POSTE SOLAR

O poste de luz solar, como pode ser visto na Figura 6, foi desenvolvido pelo Litro de Luz em 2015. É uma solução noturna que tem a função de iluminar áreas públicas de comunidades que não possuem energia elétrica ou em casos em que ocorrem queda de energia elétrica frequentes.

Figura 6 - Poste Solar.



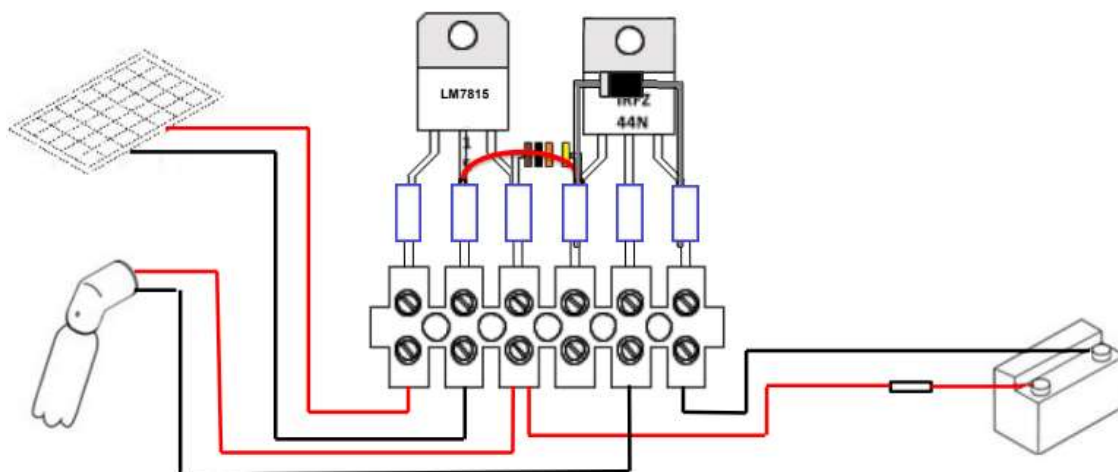
Fonte: Datasheet Poste de Luz Litro de Luz (2017).

A estrutura do poste é montada com canos PVC para facilitar a colocação de cimento para fixação no solo e possibilitar a passagem de fiação elétrica. Dentro de uma caixa hermeticamente acoplada ao corpo do poste, coloca-se a bateria e o circuito responsável pelo acionamento da lâmpada e pela transferência da energia elétrica que é captada pela placa solar para recarga da bateria. Finalmente, no topo é acoplada a placa solar e para a proteção do LED é utilizada uma garrafa PET.

Frente a um poste convencional que possui valor mais alto, devido a sua estrutura e material, o custo de um poste como esse é bem mais barato, devido aos seus aspectos construtivos, ficando em torno de R\$ 350,00, cada unidade.

O poste conta também com um sistema de controle apresentado na Figura 7, que faz com que a lâmpada acenda quando a luz do sol fica menos intensa e apague quando ela se intensifica, ficando nesse momento, com a bateria carregando para posterior utilização. A bateria utilizada é uma de chumbo ácido selada, a mesma utilizada em motocicletas. O painel utilizado é um de 10 W, com dimensões 290 * 380 * 28 cm. O poste tem aproximadamente 3 metros de altura.

Figura 7 – Sistema de Controle do Poste.



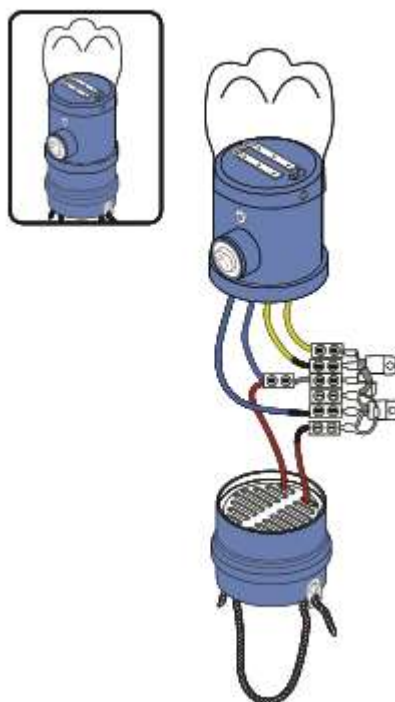
Fonte: Manual do Circuito (2018).

2.3 LAMPIÃO SOLAR

O lampião solar, indicado na Figura 8, possui o mesmo princípio de funcionamento do poste, se diferenciando por ser móvel e possuir acionamento para o

momento que se deseja utilizar. Foi desenvolvido pela equipe de tecnologia do Litro de Luz em 2016, um dos seus principais idealizadores foi o Nelson Toru Uematsu, que é um engenheiro eletricitista aposentado e voluntário do projeto. Ele percebeu que essa seria uma ótima solução para comunidades ribeirinhas, pois como as casas são afastadas uma das outras, havia a necessidade de iluminação no interior das casas. A solução foi instalada em outros tipos de comunidades, e hoje já conta com milhares de réplicas em todo o Brasil.

Figura 8 - Lâmpião Solar.



Fonte: Manual Lâmpião Ação Kalunga (2017).

Os aspectos construtivos do Lâmpião também são semelhantes aos do poste, utilizando componentes reciclados como garrafas PET, energia solar fotovoltaica, canos PVC, bateria e um circuito de controle idêntico ao do poste, possuindo autonomia de aproximadamente 5 horas.

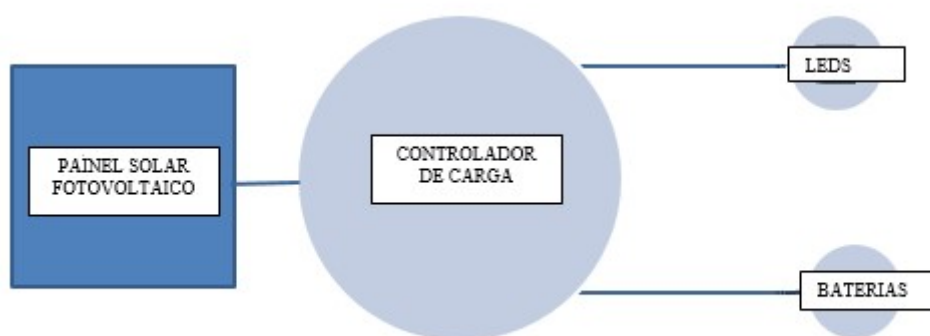
3 DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA

Segundo CARVALHO (2013), a energia elétrica obtida por fonte solar é resultado da conversão direta da luz solar em eletricidade por meio do efeito fotovoltaico: os sistemas fotovoltaicos captam diretamente a radiação solar, produzindo corrente elétrica. Essa corrente pode ser utilizada em sistemas conectados diretamente à rede elétrica ou armazenada em baterias. Sabe-se que a energia solar é uma fonte cujo uso mais cresce no mundo e pode ser utilizada tanto em locais remotos, como única possibilidade de eletrificação, quanto de maneira complementar e paralela à rede pública. Desse modo, os painéis fotovoltaicos podem ser instalados em imóveis de um modo geral atendendo pequenas demandas de eletricidade, ou ainda, na geração em larga escala através de usinas geradoras.

O módulo fotovoltaico também chamado de painel ou placa fotovoltaica é um conjunto de células agrupadas montadas sobre uma estrutura rígida e conectadas eletricamente. O controlador de carga, utilizado para prolongar a vida útil da bateria, regula a carga advinda da placa fotovoltaica, protegendo a bateria de sobrecargas ou descargas excessivas. A bateria, por sua vez, é responsável por manter o fornecimento constante de energia nos períodos de maior ou menor insolação.

Na Figura 9 é apresentado um diagrama de blocos do sistema proposto pelo autor, composto por quatro componentes básicos: painel solar fotovoltaico, controlador de carga e, por fim, o banco de baterias. Compondo um sistema isolado puro de tensão contínua segundo a classificação determinada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT na NBR 11704:2018 como representado na Tabela 1.

Figura 9 – Representação de Sistema Isolado Puro CC.



Fonte: Próprio Autor.

Tabela 1 – Classificação dos Sistemas Fotovoltaicos.

Tipo de sistema		Alimentação dos consumidores	Acumulação de energia elétrica	Componentes básicos	Aplicações típicas
Sistemas isolados	Puros	Tensão contínua	Não	Seguidor de potência máxima (desejável)	Bombeamento, produção de hidrogênio etc.
			Sim	Controlador de carga e acumulador	Iluminação, telecomunicações, sinalização náutica, cerca elétrica, proteção catódica etc.
		Tensão alternada	Não	Inversor	Bombeamento, uso industrial etc.
			Sim	Controlador de carga, acumulador e inversor	Eletrificação rural, bombeamento, telecomunicações, uso industrial, iluminação etc.
	Híbridos	Tensão contínua	Sim	Controlador de carga, acumulador e gerador complementar	Telecomunicações, iluminação, sinalização rodoviária e ferroviária etc.
		Tensão alternada	Opcional	Controlador de carga, acumulador opcional e gerador complementar	Iluminação, uso industrial etc.
Sistemas conectados à rede elétrica	Puros	Tensão alternada	Não	Inversor	Aplicações residenciais, comerciais e industriais, produção de energia para a rede pública etc.
	Híbridos	Tensão alternada	Não	Inversor e gerador complementar	Aplicações residenciais, comerciais e industriais, produção de energia para a rede pública etc.
			Sim	Inversor, gerador complementar e acumulador	Eletrificação rural, uso industrial, suprimento ininterrupto de energia etc.
NOTA Todos os tipos de sistemas possuem gerador fotovoltaico entre os componentes básicos.					

Fonte: NBR 11704 (2018).

A determinação da quantidade de LED que deve ser empregada é de grande importância no dimensionamento do sistema de iluminação proposto. O dimensionamento tanto dos painéis solares fotovoltaicos, quanto do banco de baterias,

depende deste fator. Como base para o projeto foi escolhida uma residência localizada no bairro do Mutirão, em Campina Grande-PB. A escolha da casa foi motivada pela indicação do Projeto Litro de Luz. Na Tabela 2 estão as dimensões aproximadas de cada cômodo da residência.

Tabela 2 – Dimensões dos Cômodos da Residência Proposta.

Cômodos	Área (m²)
Sala	10
Cozinha	10
Quarto 1	10
Quarto 2	10
Banheiro	5
Total	45

Fonte: Próprio Autor.

3.1 DIMENSIONAMENTO DA CARGA DO SISTEMAS

A forma mais comum de se especificar uma carga para o projeto de um Sistema Fotovoltaico é através do seu consumo diário de energia elétrica. A primeira tarefa consiste em identificar a quantidade, a potência e o tempo de funcionamento do conjunto de equipamentos que é necessário para alimentar a residência.

Como o trabalho se destina a solucionar o problema de falta de iluminação, foram utilizadas para tal, lâmpadas do tipo LED. E para a determinação da quantidade de LED necessários para iluminar a residência de forma satisfatória, foi utilizado como base a norma NBR 5413, responsável por determinar os níveis de iluminância ideal para interiores. Na Tabela 3 estão destacados os níveis ideais indicados pela norma para os cômodos da residência proposta.

Tabela 3 - Iluminância Ideal Dos Cômodos.

Ambiente	Iluminância (Lux)
Sala de Estar	100-150-200
Cozinha	100-150-200
Quarto 1	100-150-200
Banheiro	100-150-200

Fonte: NBR 5413 (1992).

De posse dos valores necessários de iluminância, pode-se fazer uma relação com a área a ser iluminada, especificada da Tabela 2. Utilizando o cálculo simplificado para determinação da iluminância dos ambientes, pode-se encontrar a quantidade de LED que devem ser utilizados para cada cômodo. Isso porque, segundo emissão de lúmens de cada luminária utilizada e a área a ser iluminada, pode-se determinar a iluminância do ambiente. Como pode-se ver na Equação (1).

$$Lux = \frac{\text{Fluxo luminoso da luminária}(lm)}{\text{Área (m}^2\text{)}}. \quad (1)$$

Sabendo dos valores de iluminância em lux que se deseja atingir, a área dos ambientes e os lúmens fornecidos por cada luminária, foi possível construir a Tabela 4.

Tabela 4 – Quantidade de Luminárias por Iluminância.

Cômodos	Área (m ²)	Lux	Lúmens necessários	Lúmens p/ Luminária	Qtd. Luminárias
Sala	10	100	1000	100	10
Cozinha	10	100	1000	100	10
Quarto 1	10	100	1000	100	10
Quarto 2	10	100	1000	100	10
Banheiro	5	100	500	100	10
Total	45	500	4500	45	45

Fonte: Próprio Autor.

Pela quantidade de LED a ser empregada utilizando esse método, inviabilizaria o trabalho. Devido a isso, foi estipulado um valor de uma luminária a cada 5 m², que apesar de não ser o ideal, consegue possibilitar uma iluminância razoável de 20 a 30 lux, que do ponto de vista de utilização para o fim que se destina o trabalho é suficiente.

Sendo assim, na Tabela 5 está mostrada a quantidade de luminárias que de fato serão empregadas no projeto.

Tabela 5 – Quantidade de Luminárias por Área.

Cômodos	Área (m ²)	Área por Luminária	Quantidade de Luminárias
Sala	10	5	2
Cozinha	10	5	2
Quarto 1	10	5	2
Quarto 2	10	5	2
Banheiro	5	5	1
Total	45	25	9

Fonte: Próprio Autor.

Para o tempo de funcionamento das luminárias foi determinada uma estimativa média de tempo de funcionamento, tendo em vista que dificilmente as luminárias estarão ligadas simultaneamente e por longos períodos de tempo. Considerando que o maior funcionamento, segundo os moradores da residência, ocorre entre 17h30 min e 22h30 min para as luminárias da sala, entre 20h00 min e 00h00 min nos quartos e de forma intermitente no banheiro, considerou-se 6h/dia como um tempo de utilização coerente para cada luminária.

Com a quantidade de luminárias determinada e o tempo diário de utilização, pode-se determinar a carga diária que o sistema demanda, o qual será chamado a partir de agora de potência demandada pelo sistema em Watts x quantidade de horas de utilização por dia - Ws . Como pode-se ver na Equação (2).

$$Ws = Qtd * t * W \quad (2)$$

Qtd – Quantidade de LED

t - Tempo de utilização em horas

W – Potência do LED

Na Tabela 6, determinou-se o valor de Ws .

Tabela 6- Carga Demandada pelo Sistema.

Quantidade de Luminárias	Tempo	W	V	I (A)	Ws (Wh)
9	6	1	12	0,083	54

Fonte: Próprio Autor.

Para o projeto, foram utilizados módulos LED com potência de 1,0 W, 100 lm/mod e temperatura de 6000 K.

3.2 DIMENSIONAMENTO DO PAINEL FOTOVOLTAICO

O efeito fotovoltaico decorre da excitação dos elétrons de alguns materiais na presença da luz solar (ou outras formas apropriadas de energia). Entre os materiais mais adequados para a conversão da radiação solar em energia elétrica, os quais são usualmente chamados de células solares ou fotovoltaicas, destaca-se o silício. A eficiência de

conversão das células solares é medida pela proporção da radiação solar incidente sobre a superfície da célula que é convertida em energia elétrica.

Segundo BAUER (1994), a quantidade refletida de radiação depende de dois fatores: a refletividade e o ângulo com que a luz incide na superfície. Outras definições importantes quando se trata de energia solar é a irradiância e a irradiação. A primeira é uma grandeza física, definida como a potência da energia radiante ou fluxo de energia que atravessa uma determinada área em uma unidade de tempo, sendo medida em W/m^2 (ROSA, 2003). Segundo ROSA (2003), integrando a irradiância ao longo de um intervalo de tempo, obtém-se a irradiação, que pode ser definida como a quantidade de energia radiante que atravessa uma superfície durante um certo intervalo de tempo, por unidade de área desta, medida em Wh/m^2 .

Para o dimensionamento de um sistema fotovoltaico é necessário obter a irradiação solar na localidade onde será instalado o sistema. Neste trabalho foi considerada a irradiação solar da cidade de Campina Grande- PB. Utilizando o Método no Mínimo Mês, pode-se garantir que o sistema irá funcionar de forma adequada durante todos os meses do ano, pois todos os outros meses possuem maior valor de irradiação solar que o mês que se obteve o menor valor.

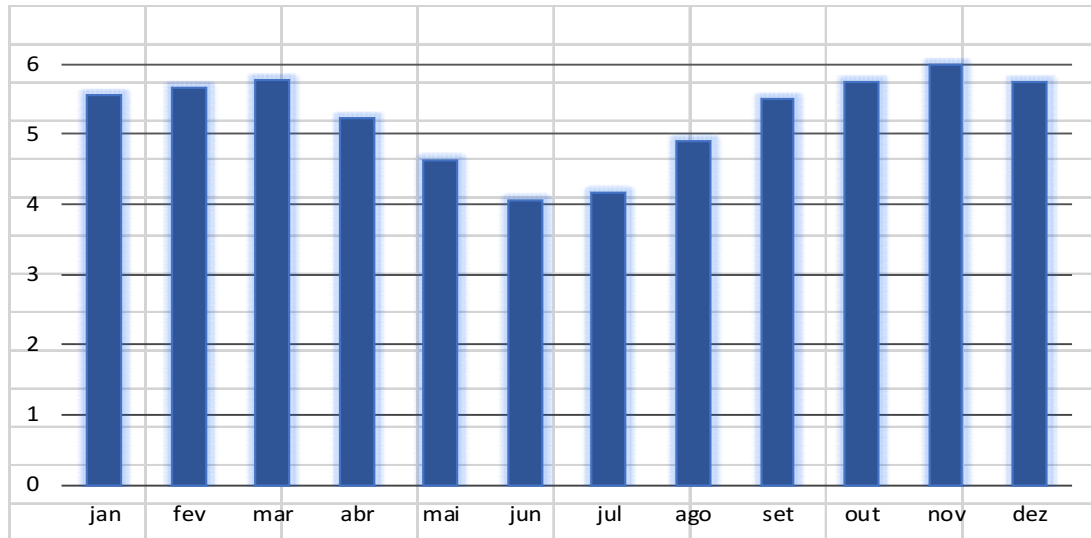
Por meio do SunData v 3.0, ferramenta *online* que se destina ao cálculo da irradiação solar diária média mensal em qualquer ponto do território nacional, oferecida pelo Centro de Referência para as Energias Solar e Eólica Sérgio de S. Brito - CRESESB, como um apoio ao dimensionamento de sistemas fotovoltaicos, pôde-se obter os valores da Tabela 7 que representam a irradiação em um plano horizontal. Pode-se perceber que o menor valor médio de irradiação acontece no mês de junho como mostrado na Figura 10, e possui valor igual a $4,06 \text{ kWh}/m^2$. Considerando o recurso solar, é necessário realizar uma relação com o valor constante de $1 \text{ kW}/m^2$, pois assim, pode-se obter em horas o valor médio do mínimo mês que se obteve valor constante e igual a $1 \text{ kW}/m^2$, que a partir de agora será chamado de IS, que representam as horas de sol pleno que ocorrem durante um dia.

Tabela 7 - Irradiação média Solar na Cidade de Campina Grande- PB.

jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
5,55	5,67	5,77	5,23	4,63	4,06	4,16	4,9	5,49	5,75	5,99	5,76

Fonte: SUNDATA V 3.0 (2018).

Figura 10 – Irradiação Solar em Campina Grande – PB.



Fonte: SUNDATA V 3.0 (2018).

Com a determinação dos valores de irradiação para a localidade desejada, pode-se determinar a potência gerada pelo gerador fotovoltaico. Bem como, determinar a quantidade de placas necessárias para suprir a demanda de energia diária da residência.

O painel fotovoltaico que será empregado no projeto tem suas características apresentadas na Tabela 8. Esse tipo de painel apresenta uma eficiência média de 15%, mas possuem um custo benefício que atende aos requisitos do projeto. A partir das especificações mostradas, pode-se calcular a capacidade de geração do painel, determinada pela Equação (3):

$$P_{gerador} = P_m * IS * FC . \quad (3)$$

P_m – Potência Máxima do Painel .

IS – Horas de Sol Pleno do Mês .

FC – Fator de correção de eficiência do sistema .

Tabela 8- Especificações do Painel Solar.

Potência Máxima	20 W
Tensão Máxima	17,56 Vcc
Corrente Máxima	1,14 A
Vida Útil Aproximada	25 Anos
Dimensões L x C x E (mm)	350 x 500 x 28

Fonte: DataSheet Painel Solar Komaes.

O Fator de Correção será determinado de acordo como as perdas inerentes aos fios, ao controlador e outras perdas do sistema como um todo. Para este trabalho será considerando uma perda de 10%, ou seja, configurando um FC de 90%.

Com a determinação da Potência do gerador, pode-se verificar a quantidade de painéis que o sistema necessita para suprir a demanda diária de energia. Por meio da equação a baixo pode-se determinar esse número. Pois, relaciona a demanda de energia diária, com a potência que o gerador fotovoltaico fornece, dado pela Equação (4).

$$N = \frac{W_s}{P_g} \quad (4)$$

W_s – Demanda diária do Sistema em Wh.

P_g – Potência Máxima do Gerador em Wh.

Na Tabela 9 podemos ver a quantidade de painéis necessários para o sistema de acordo com as Equações (3) e (4).

Tabela 9 - Quantidade de Painéis.

FC (Fator de Correção)	IS (Irradiação Solar)	P_g (Potência do Gerador)	W_s (Demanda Diária do Sistema)	N (Quantidade de Painéis)
0,9	4,09	73,62	54	1

Fonte: Próprio Autor.

Como o valor encontrado é menor que um, será utilizado apenas um painel. Ele será suficiente para suprir o sistema.

3.3 DIMENSIONAMENTO DO BANCO DE BATERIAS

As baterias podem ser classificadas como o componente mais sensível de um sistema fotovoltaico autônomo, uma vez que se não for utilizada de forma correta, podem apresentar uma vida útil reduzida. As baterias de chumbo-ácido selada foram as escolhidas para este projeto por serem de fácil aquisição no mercado nacional, apresentarem custo reduzido e grande densidade de energia. Contudo, a vida útil, ou seja, o número de ciclos, é severamente influenciado pela profundidade das descargas. Havendo a necessidade de zelar pelo o nível de tensão da bateria, não permitindo que ele caia à níveis muito baixos de tensão.

Para determinação da quantidade de baterias necessárias para atender o sistema é necessário relacionar a demanda do sistema com a disponibilidade de carga da bateria. Sendo assim, como a bateria utilizada no sistema têm as seguintes especificações: 9 Ah e 12 V e deseja-se ter uma profundidade de descarga de no máximo 40%, considerando a eficiência da bateria de pelo menos 36 h de garantia de suprimento do sistema utilizando apenas a bateria, pode-se determinar a capacidade de carga que o sistema necessita utilizando a Equação (5):

$$C = \frac{Ws*ND}{V*Kbat*Kd} \quad (5)$$

Ws – Demanda Diária do Sistema.

ND– Número de dias que o sistema consegue suprir apenas com a bateria.

V– Tensão da Bateria.

Kbat – Eficiência da Bateria.

Kd – Profundidade de Descarga.

Com a determinação da capacidade que o sistema demanda, foi possível determinar a quantidade de baterias necessárias para alimentar o sistema, como pode-se ver na Tabela 10.

Tabela 10 - Quantidade de Baterias.

Demanda Diária	V	Kd	Kbat	ND	Cap Exigida	Cap Unitária	Qtd Baterias
54	12	0,4	0,95	1,5	17,76	9	2

Fonte: Próprio Autor.

Logo, são necessárias duas baterias ligadas em paralelo para suprir o sistema.

3.4 CONTROLADOR DE CARGA

O controlador de carga e descarga de baterias funciona como uma central elétrica do sistema solar fotovoltaico. Controla carga/flutuação e possui a função corte por mínima tensão, que desliga a saída automaticamente quando a bateria está com pouca carga (11,1 Vcc), religando-a novamente quando a bateria atinge 12,6 Vcc. Essa função evita danos que podem reduzir drasticamente a vida útil da bateria.

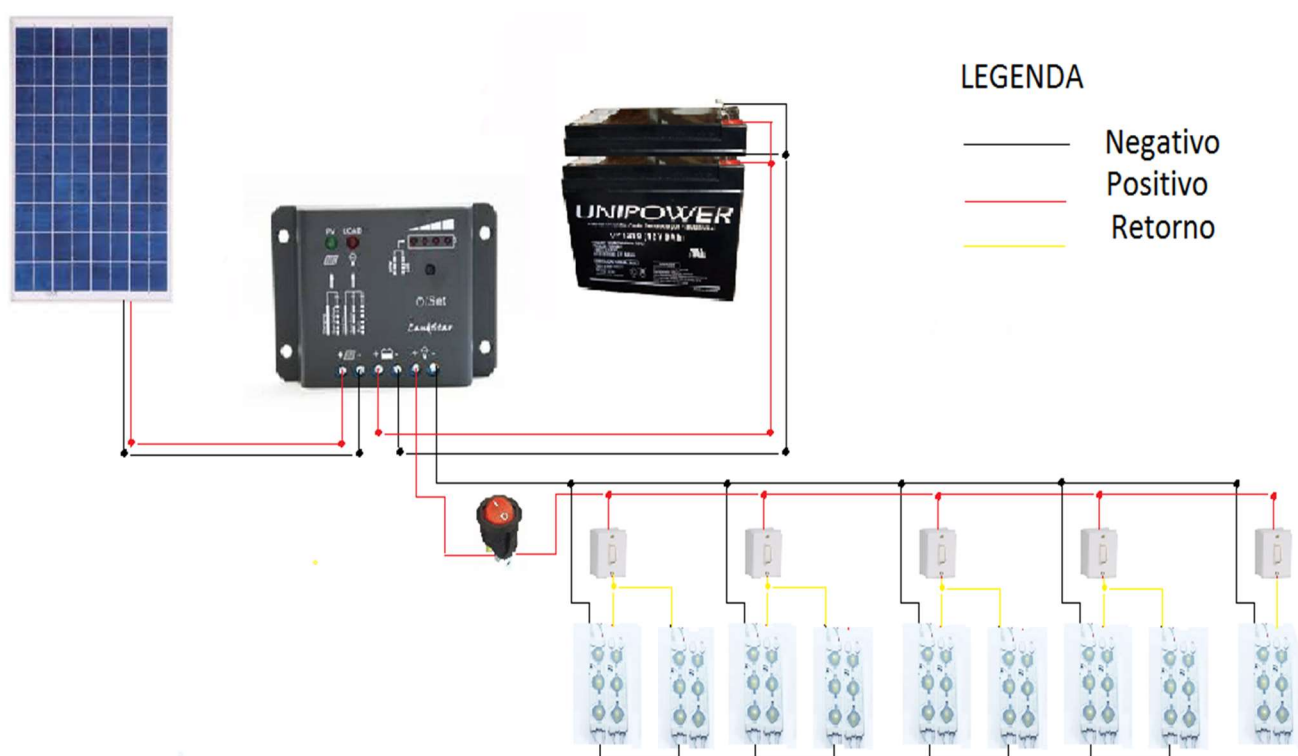
Para utilizar o controlador deve-se conectar a placa fotovoltaica ao controlador de carga. Posteriormente, a bateria deve ser conectada, é relevante que ela fique o mais próximo possível do controlador, em geral, entre 30 cm e 1 metro. Por último, devem ser ligados os equipamentos na saída.

O controlador utilizado utiliza a tecnologia Modulação por Largura de Pulso - PWM possui como referência tensão de 12 V e corrente máxima de carga de 5 A. O que atende com folga os requisitos do projeto.

4 RESULTADOS

Com base no dimensionamento realizado até essa seção, foi determinado o diagrama elétrico do sistema a ser implantado. Na Figura 11, está o esquemático do sistema.

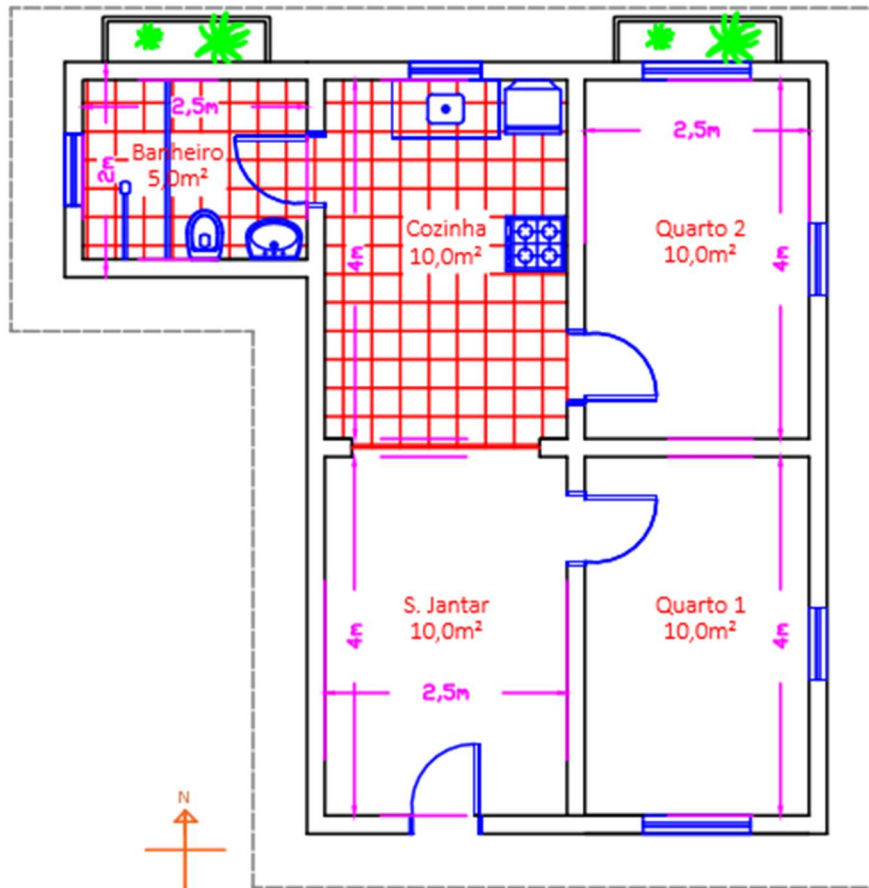
Figura 11 - Esquemático Elétrico.



Fonte: Próprio Autor.

Tomando como base a residência proposta neste trabalho, foram replicadas suas dimensões por meio do *software* AutoCad, como pode-se ver na Figura 12. Com isso, pôde-se determinar a posição dos equipamentos do sistema, como será sua instalação e determinar a quantidade de material necessário para instalação.

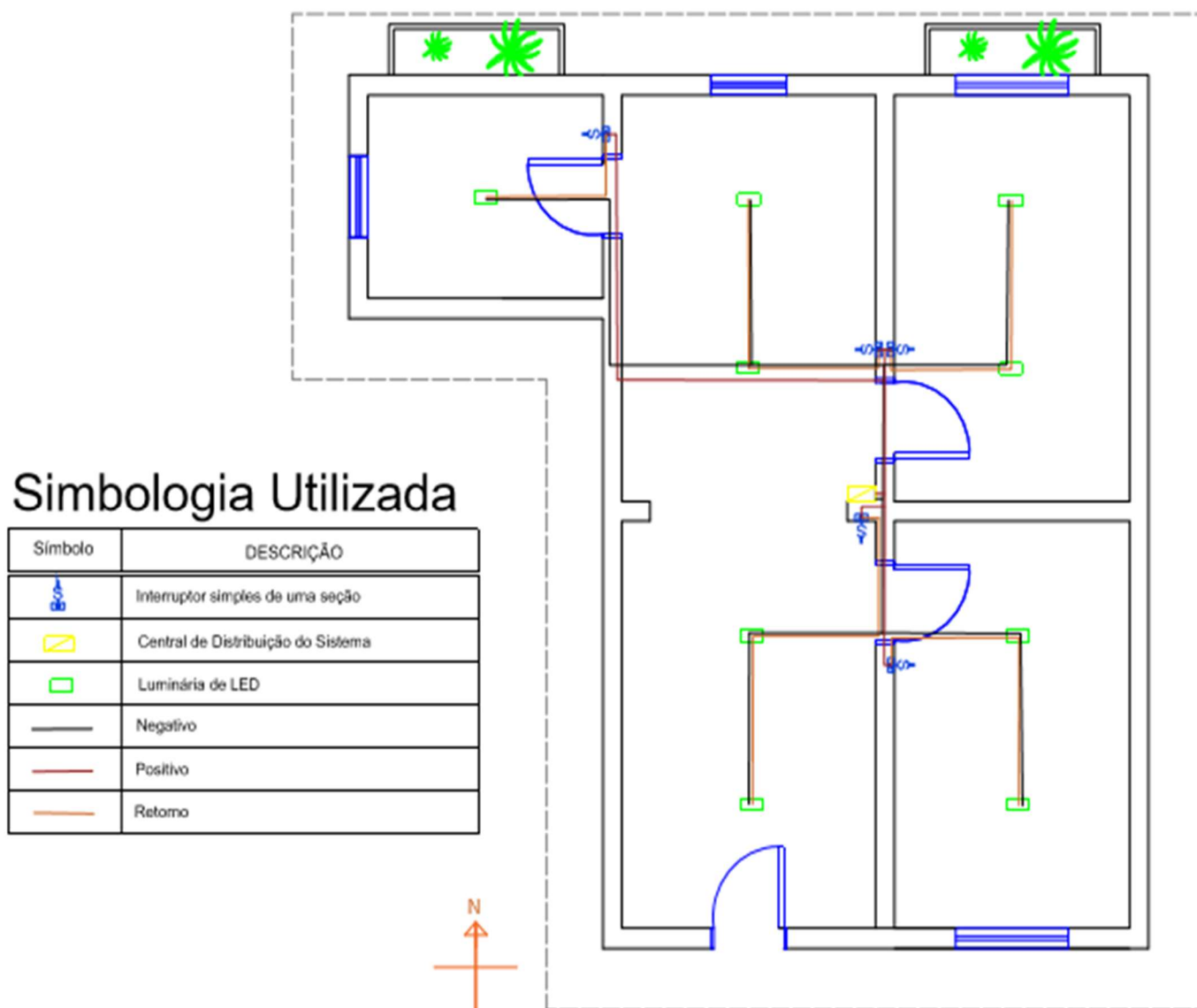
Figura 12 - Planta Baixa da Residência.



Fonte: Próprio Autor.

Na Figura 13, se encontra o diagrama elétrico feito utilizando o *software* AutoCad para a residência proposta, especificando seus componentes e o local de sua instalação.

Figura 13 – Planta Baixa Elétrica.



Fonte: Próprio Autor.

Para as luminárias do sistema, determinou-se uma altura de instalação ideal de 2,10 m de altura, o que propicia um melhor aproveitamento da iluminância dos LED. Para que as luminárias consigam ser instaladas da melhor forma possível nessa altura, foi proposta a utilização de arames galvanizados para suspender as luminárias, que foram construídas utilizando LED fixados em um molde feito de garrafa PET. Na Figura 14, está representado o modelo das luminárias.

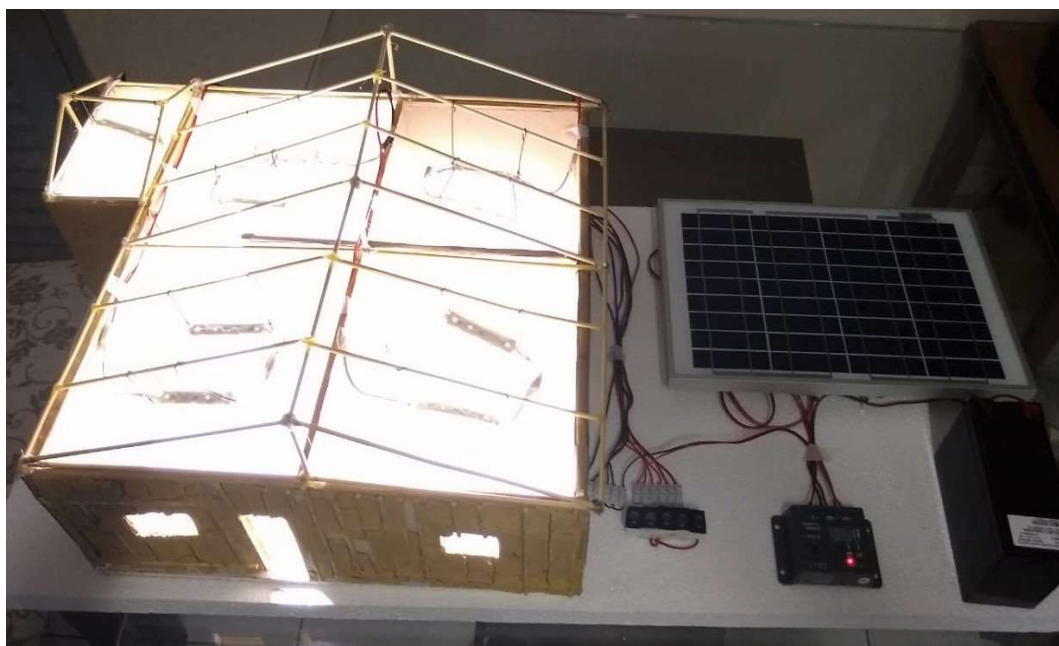
Figura 14 – Representação das Luminárias.



Fonte: Próprio Autor.

Na Figura 15 está uma simplificação do sistema, que tem por finalidade representar o modelo de luminárias utilizando garrafas PET, demonstrar o funcionamento dos componentes e exemplificar como deve ser a instalação, pois no ponto de vista de instalação, apresenta compatibilidade com a realidade. Sendo um suporte para exemplificar o funcionamento do sistema para pessoas que não possuem o conhecimento técnico necessário para compreender esquemas elétricos e diagramas.

Figura 15 – Representação Simplificada do Sistema.



Fonte: Próprio Autor.

O material necessário para execução do projeto e orçamento está determinado na Tabela 11.

Tabela 11 – Orçamento.

Quantidade	Material Utilizado	Preço Und	Preço
2	Und. Bateria Unipower 9Ah - 12 V	R\$ 80,50	R\$ 161,00
9	LED 3 Diodos com lente Branco 1W Starlux	R\$ 2,60	R\$ 23,40
1	Und. Painel Solar Komaes de 20W - 12V	R\$ 50,00	R\$ 50,00
1	Und. Controlad. LS052R 12V e 5A EPSOLAR	R\$ 83,79	R\$ 83,79
1	Und. Botão liga desliga de 2T	R\$ 1,60	R\$ 1,60
2	Und. Garrafas PET	-	-
35	Metro. Cabo Preto 1mm ²	R\$ 0,45	R\$ 15,75
40	Metro. Cabo Vermelho 1mm ²	R\$ 0,45	R\$ 18,00
20	Metro. Cabo Branco 1mm ²	R\$ 0,45	R\$ 9,00
5	Und. Interruptor Externo simples Luster	R\$ 3,00	R\$ 15,00
1	Pact. Fixa Fios	R\$ 14,80	R\$ 14,80
1	Und. Caixa Hermética	R\$ 17,50	R\$ 17,50
20	Und. Conector tipo torção para cabos	R\$ 0,34	R\$ 6,80
0,4	Kg. Arame Galvanizado	R\$ 11,00	R\$ 4,40
1	Und. Fita Isolante	R\$ 8,50	R\$ 8,50
1	Und. Fita 3M	R\$ 16,00	R\$ 16,00
0,3	Kg. Pregos	R\$ 11,50	R\$ 3,45
	Total		R\$448,99

Fonte: Próprio Autor.

O valor final do projeto ficou em torno de R\$ 450,00, comparando com o valor atual do salário mínimo no Brasil de R\$ 954,00, é possível perceber que o sistema completo custa aproximadamente 47% desse valor. Considerando a baixa manutenção e duração prolongada, o sistema mostra-se bastante acessível do ponto de vista financeiro. Cumprindo com os objetivos geral e específicos propostos.

5 CONCLUSÕES

Um sistema de iluminação interna para uma residência utilizando energias renováveis e componentes reciclados foi desenvolvido e apresentado no decorrer deste trabalho. O sistema foi desenvolvido com base em um dimensionamento que garante um funcionamento ideal durante todo o dia, bem como, confiabilidade para sua utilização durante todos os meses do ano. Buscou-se que o sistema tivesse poucos componentes e uma fácil compreensão para o público geral, para facilitar sua instalação e aceitação.

O dimensionamento do sistema ofereceu as quantidades de equipamentos necessários para sua realização, os valores das grandezas elétricas que os fios e outros equipamentos periféricos devem suportar, além de garantir o funcionamento satisfatório e com segurança do sistema. O esquemático elétrico oferece uma maior compreensão do sistema proposto, propiciando uma visão panorâmica, além de permitir que a relação de materiais necessários para concretização do sistema seja facilitada.

Da mesma maneira que o sistema foi desenvolvido para a residência proposta, utilizando a mesma metodologia, pode-se expandir o dimensionamento para sistemas de maior ou menor necessidade de LED, considerando esse mesmo dimensionamento e verificando a corrente máxima do controlador de carga.

A partir desse ponto, o projeto pode expandir de várias formas, agregando mais funcionalidades, como uma tomada USB ou mesmo um inversor que alimente outros equipamentos, como uma TV ou rádio. Permitindo que o sistema se expanda e consiga agregar mais funcionalidades e mais qualidade para os usuários. Como próximos passos, é relevante fazer uma análise aprofundada sobre o funcionamento do sistema com relação a suas grandezas elétricas.

A realização desse trabalho permitiu o contato com conceitos de energias renováveis, permitindo a pesquisa sobre a geração de energia solar, classificação desses sistemas e dimensionamento, principalmente em sua versão isolada da rede elétrica. Além de oportunizar a utilização de ferramentas como SunData e AutoCad, a utilização das Normas da ABNT em uma execução de concreto de um projeto, além da utilização dos conceitos e grandezas básicas da Engenharia Elétrica. Permitindo aplicar conceitos de

várias disciplinas vistas durante a graduação, dando foco as disciplinas de circuitos elétricos, instalações elétricas e geração de energia.

O presente trabalho tem potencial de melhorar atividades cotidianas que necessitam de iluminação em residências isoladas, que não possuem acesso à energia elétrica, ou que possuem de forma irregular. Garantindo uma forma de substituição de candeeiros, lanternas e energias com instalações que oferecem algum risco a saúde, de forma satisfatória e segura. De maneira que, devido a característica do projeto Litro de Luz, poderá melhorar a vida de muitas pessoas, que de outra forma dificilmente teriam acesso a esse tipo de energia em suas residências.

6 BIBLIOGRAFIAS

Moreira Franco: **Energia para mover a roda da justiça social**. Disponível em: <
<http://www.udop.com.br/index.php/index.php?item=noticias&cod=1167704>> . Acesso
 em: 21 de agosto de 2018.

GRUPO DE TRABALHO DA SOCIEDADE CIVIL PARA AGENDA 2030. Relatório
 Luz Da Agenda 2030 de Desenvolvimento Sustentável –Síntese II, 2018.

LITRO DE LUZ BRASIL. Disponível em: <
https://www.litrodeluz.com/?gclid=EAIaIQobChMI7Mv9kZf_3AIVDRCh14YwgNEAAYASAAEgLb7vD_BwE> . Acesso em: 21 de agosto de 2018.

MACHADO, E. S. **Programa Luz para Todos: uma política pública inovadora para o meio rural de Cachoeira do Sul**. 2013. 41f. Trabalho de conclusão de curso - Departamento de Ciências Econômicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Cachoeira do Sul, 2013.

V MODELO INTERCOLEGIAL DA ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS - OMS – Organização Mundial da Saúde. Os Impactos da Poluição do Ar na Saúde Humana, 2000.

LIMA, Ana Maria Martins de. Ambiente do meio: Poluição Atmosférica e seus Efeitos sobre a Saúde Humana. Disponível em:< >. Acesso em: 22 de agosto 2018.

DIAS, Daniela Sofia Oliveira. **Avaliação de risco para a saúde humana associado a partículas inaláveis**. 2008. Pg. Dissertação de mestrado – Universidade de Aveiro. 2008.

FOIATTO, N. **Sistematização do reconhecimento de irregulares que caracterizam fraude em medidores de energia elétrica**. 2009. f. Dissertação de Mestrado - Programa de Pós Graduação em Engenharia da Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS, 2009.

SILVA, M. **Prevenção de acidentes nas instalações elétricas**. 2016. 110f . Trabalho de Conclusão de curso - Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, RJ, 2016.

GRUPO DE TRABALHO DE ENERGIA SOLAR – GTES, Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos - Edição Especial PRC-PRODEEM. Rio de Janeiro: 2004.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS, Atlas Brasileiro de Energia Solar – 2º Edição. São José dos Campos: 2017.

Inserção das Energias Alternativas Renováveis no Setor Elétrico Brasileiro’, 3º Fórum Brasileiro de Energia Elétrica, 2003.

SCHUCH, L.; COSTA, M .A .D.; RECH, C.; MICHELS, L.; COSTA, G. H.; SANTOS A.S. “Sistema Autônomo de Iluminação Pública de Alta Eficiência Baseado em Energia Solar e LEDs”, Eletrônica de Potência– SOBRAEP , vol. 16, no. 1, pp. 17–27, Fevereiro 2011.

MANUAL DE ENGENHARIA PARA SISTEMAS FOTOVOLTAICOS. Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito (CRESESB). CEPEL, Rio de Janeiro: (1999).

CARVALHO, C. **Sistema Fotovoltaico Isolado: Uma Aplicação Prática No Projeto Xapuri**. 2013. 45f. Monografia - Universidade Federal de Lavras. Lavras – MG, 2013.

VILLALVA, M. G.; GAZOLI, J. R. Energia Solar Fotovoltaica: Conceitos e Aplicações. 1. Ed. São Paulo: Érica, 2012.

PROJECTO INTERDISCIPLINAR II DIMENSIONAMENTO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS. Universidade do Minho. Azurém, Guimarães: 2009.

ENERGIA SOLAR, Disponível em:< [http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/03-energia_solar\(3\).pdf](http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/03-energia_solar(3).pdf)> Acesso em: 22 de agosto 2018.

Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito – ENERGIA SOLAR PRINCÍPIOS E APLICAÇÕES. Disponível em:< http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:http://www.cresesb.cepel.br/download/tutorial/tutorial_solar_2006.pdf> . Acesso em: 27 de agosto 2018

