

UMA ANÁLISE LABORATORIAL SOBRE A IMPLEMENTAÇÃO DE MICRORREDES RESIDENCIAIS EM CORRENTE CONTÍNUA NOS SISTEMAS DE MICROGERAÇÃO FOTOVOLTAICA

Alcileide Dalília de Sousa – alcileideluz@hotmail.com

*Centro Universitário Santo Agostinho – UNIFSA, Curso de Engenharia Elétrica.
Av. Professor Valter Alencar, Teresina (PI) – CEP 64019-625*

Italo Rodrigo Monte Soares – italo_pi@yahoo.com

*Centro Universitário Santo Agostinho – UNIFSA, Curso de Engenharia Elétrica.
Av. Professor Valter Alencar, Teresina (PI) – CEP 64019-625*

Lucas Rocha de Abrantes Duarte – lucasrocha4034@gmail.com

*Centro Universitário Santo Agostinho – UNIFSA, Curso de Engenharia Elétrica.
Av. Professor Valter Alencar, Teresina (PI) – CEP 64019-625*

Resumo: *Esse projeto tem como objetivo analisar, projetar e executar um sistema de microgeração fotovoltaica aliado às microrredes para atender a iluminação de uma sala de aula, verificando até que ponto essa associação torna o sistema de distribuição elétrico residencial mais eficiente e o quanto a interdisciplinaridade dos assuntos abordados para esta análise e execução aumentam os conhecimentos dos pesquisadores envolvidos em diversas áreas da eletricidade de forma inovadora. Desse modo, adota-se uma abordagem explicativo-descritivas de natureza quantitativa, para observar o objeto de estudo a ser desenvolvido através de simulações computacionais e descrever com precisão os dados da montagem do projeto físico. Essa temática torna-se relevante por ser inovadora e incentivar a disseminação do uso da microgeração com painéis solares, visando contribuir com a qualidade e disponibilidade de energia elétrica fornecida em residências e promover a redução nos impactos ambientais através de uma fonte limpa e renovável. Através deste estudo, conclui-se que o uso da microgeração em consonância com a microrrede torna o consumo mais independente da rede elétrica e atende com eficiência a iluminação da sala de aula em estudo, e ainda, trata de forma prática e inovadora a disseminação do conhecimento.*

Palavras-chave: *Microrrede. Corrente Contínua. Microgeração. Interdisciplinaridade.*

1 INTRODUÇÃO

A disseminação da microgeração no mercado de energia elétrica tem estimulado os consumidores a se tornarem produtores desse recurso. Com o uso das fontes primárias, geralmente, solar ou eólica, é possível gerar energia elétrica em corrente contínua ((MENDONÇA, 2011).

Em vista disso, os investimentos em geradoras descentralizadas como é o caso da microgeração, apresentam-se como grande tendência no novo mercado elétrico. Uma vez que através das fontes eólicas ou solares a geração encontra-se mais próxima do consumo,

possibilitando o adiamento de maiores investimentos na expansão dos sistemas de transmissão e distribuição, bem como, a implantação de grandes centrais geradoras. (DIAZ et al., 2015).

Com o surgimento da Resolução Normativa nº 482 de 2012 e a mais atual nº 517 criada pela ANEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) essa inovação tornou-se validada e difundida, mostrando as regras necessárias para obtenção e compensação de energia elétrica. Dessa forma, tem aumentado os índices de produtores independentes e é notória a expansão da microgeração.

No âmbito da pesquisa, buscam-se inovações que tornem essa tecnologia mais barata e com maior rendimento de produção. Uma vez que, para consumir e escoar a energia elétrica gerada pela microgeração é preciso atender os níveis de tensão demandados pelos aparelhos do consumidor e da rede da concessionária local (Costa 2008).

Para isso, é necessário realizar conversões de corrente contínua (12 V, 48 V) para corrente alternada (220 V, 380 V) ou a conversão inversa, CA para CC, a fim de alimentar dispositivos eletrônicos e/ou equipamentos que requerem da corrente contínua para seu funcionamento. Essas conversões acarretaram na geração de perdas de energia elétrica.

Atualmente países da Europa e os Estados Unidos já estão envolvidos em estudos sobre novas tecnologias que possam atuar em conjunto com a microgeração, a exemplo das microrredes que estão inseridas nesse contexto, pois o uso das redes corrente contínua propõem maior eficiência, segurança, qualidade, confiabilidade e disponibilidade para o sistema elétrico moderno (DIAS, 2013).

No Brasil o uso das microrredes CC ainda é assunto de estudo em trabalhos acadêmicos, uma vez que não possui resoluções que demonstrem os aspectos para a implantação e nem dispõe de um mercado de aparelhos que se adequem a esse sistema (MARINHO, 2011). Em vista disso, torna-se relevante explorar esse campo de investigação, para apresentar aos investidores de energia, a população e ao meio ambiente, a pertinência do assunto dentro do âmbito de retorno ambiental e econômico no setor energético nacional. Uma vez que, trata-se de uma tecnologia que propõem diante da conexão com o sistema de microgeração suprimir o uso de conversores de energia elétrica para equipamentos em baixa voltagem e em CC.

Dessa forma, o presente trabalho tem como objetivo geral avaliar a viabilidade técnica, econômica e ambiental de um projeto físico com lâmpada de LED usando microrredes de corrente contínua em consonância com a microgeração.

Para tanto serão analisados os parâmetros necessários para a instalação das microrredes no sistema residencial e desenvolvido um dispositivo eletrônico (Lâmpada de LED) que seja apto à conexão com as microrredes, a fim de entender de que forma essa tecnologia pode contribuir com a sustentabilidade, qualidade de energia, disponibilidade no setor energético e sobretudo, popularizar a ciência através desse método prático.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A fundamentação teórica está dividida em duas partes. A primeira descreve o conceito de microgeração e sua situação atual no Brasil. Em seguida, é apresentada a definição de microrredes CC.

2.1 A inserção da microgeração no setor elétrico brasileiro

A matriz energética brasileira ainda é essencialmente hidráulica e faz-se o uso também das fontes de energias convencionais fundamentadas na queima de combustíveis fósseis como é o caso das termoeletricas, segunda fonte mais utilizada no Brasil. As energias renováveis,

limpas e abundantes, surgem como proposta de contribuir com a disponibilidade de energia e de causar menos impactos ao meio ambiente (DIAS, 2013).

Em vista disso, essas fontes alternativas veem surgindo com o intuito de somar o potencial energético e estimular o mercado das centrais descentralizadas, como é o caso da microgeração, que hoje é realidade no Brasil, impulsionada pelas regulamentações e por programas governamentais no mercado de energia elétrica.

De acordo com a Resolução Normativa nº 482 criada pela Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL a microgeração distribuída conceitua-se como uma:

“Central geradora de energia elétrica, com potência instalada menor ou igual a igual a 75 kW e que utilize cogeração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, ou fontes renováveis de energia elétrica, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras;”.

Nesta NR é estabelecido como deve ser feito a implantação desses sistemas e expressa também como funciona o processo de geração, consumo e compensação de energia elétrica quando injetado na rede da concessionária. A microgeração propõe que o sistema elétrico usufrua de uma geração descentralizada, reduzindo os impactos ambientais e as perdas de energia elétrica.

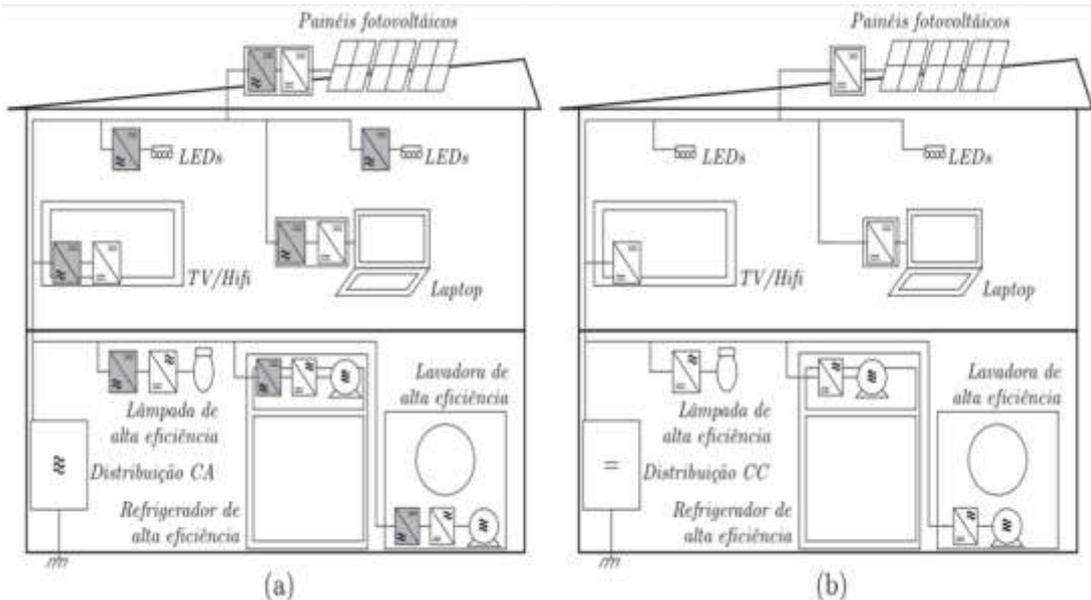
2.2 Panorama geral das microrredes CC com microgeração

Conceitos sobre sustentabilidade têm sido fundamentais na realização de projetos para geração de energia elétrica. Isso tem conduzido os investidores a elaboração e desenvolvimento de técnicas que viabilizem a operação desses sistemas de forma eficiente. Este cenário tem contribuído para expansão da geração distribuída e os estudos de implementação das microrredes corrente contínua. Segundo Mendonça (2011) o conceito de microrredes tem como características a “diversificação da matriz energética; aumento da confiabilidade e qualidade de energia fornecida; aumento da eficiência da geração e descentralização da geração”.

Nesse processo, é utilizada para uma rede residencial CC a estrutura conforme a Figura 1. O sistema é constituído por painéis solares, conversores e as cargas. Observa-se que o sistema sem microrrede (a) são utilizados conversores CA/CC para alimentação das cargas como iluminação e aparelhos eletrônicos, enquanto no sistema com microrrede (b) estas cargas são alimentadas diretamente, sem o uso dos conversores CA/CC.

As cargas não adaptadas as redes, como é caso de motores e outros equipamentos elétricos que necessitam da corrente CA fazem o uso de conversores para seu funcionamento.

Figura 1. Comparativo entre sistemas de microgeração fotovoltaica (a) convencional e (b) a partir do sistema LVDC.



Fonte: Heldwein, 2009.

A microgeração e as microrredes na Europa segundo Dias (2013) tem se destacado no panorama energético devido ao “acelerado número de prestadores de serviço na área, fabricantes de equipamentos específicos, medidores residenciais eletrônicos utilizando o conceito de redes inteligentes e programas de fomento vinculados pelo governo.”

No Brasil os investimentos e incentivos em relação à microgeração têm crescido de forma exponencial. No entanto, o uso das microrredes ainda é assunto de estudo uma vez que, o sistema elétrico brasileiro ainda não usufrui das redes inteligentes, de medidores eletrônicos adaptados a esse fim e de padrões que adaptem os aparelhos elétricos a esse avanço das microrredes (MARINHO, 2011).

Um sistema de distribuição em CC em consonância com a microgeração proporciona queda nos gastos com energia para as residências e traz benefícios para a concessionária, uma vez que alivia o fluxo de cara unidirecional (geração/carga). É uma proposta promissora que se destaca como uma alternativa para o uso eficiente de energia elétrica.

2.3 Aplicação das microrredes de corrente contínua nos sistemas de iluminação residencial com lâmpadas de led

A disseminação da microgeração no mercado de energia elétrica tem estimulado os consumidores a se tornarem produtores desse recurso. Com o uso das fontes primárias, geralmente, solar ou eólica, é possível gerar energia elétrica em corrente contínua.

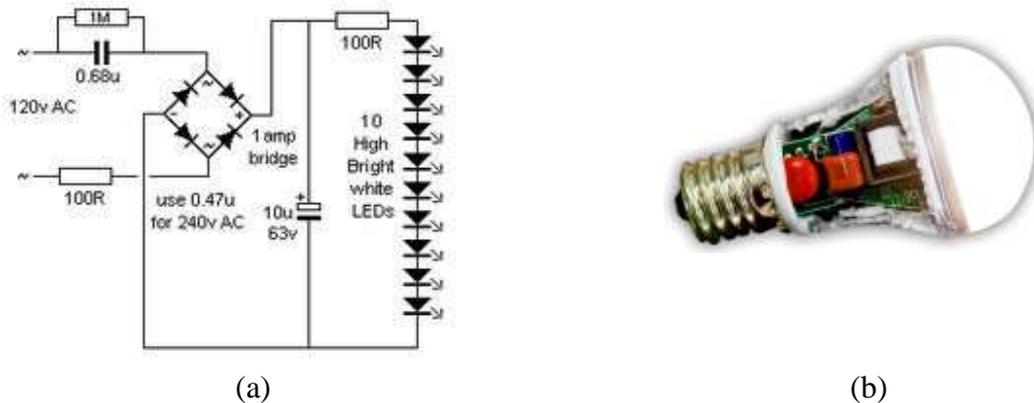
No entanto, para consumir e escoar a energia elétrica gerada pela microgeração é preciso atender os níveis de tensão demandados pelos aparelhos do consumidor e da rede da concessionária local.

Para isso, é necessário realizar conversões de corrente contínua (12 V, 48 V) para corrente alternada (220 V, 380 V) ou a conversão inversa, CA para CC, a fim de alimentar dispositivos eletrônicos e/ou equipamentos que requerem da corrente contínua para seu funcionamento. Essas conversões acarretaram na geração de perdas de energia elétrica.

A lâmpada LED convencional é apresentada na Figura 2. O circuito eletrônico dela é formado por uma ponte de diodos, que realiza uma retificação de onda completa. A onde

retificada passa por um filtro, formado por um capacitor, para diminuir a variação da tensão. Após esse processo de retificação e filtragem é que são conectados os LED's (BOYLESTAD, 2002).

Figura 2. (a) Diagrama elétrico de circuito retificador – AC/DC - encontrado nas lâmpadas LEDs comerciais, ilustrada em (b).

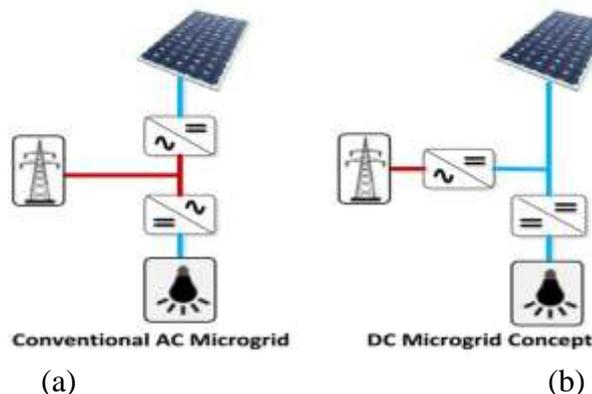


Fonte. Cangeloso, 2012

A principal desvantagem desse sistema é eficiência, pois há dissipação de energia térmica nos diodos. Além disso, o acréscimo de componentes eletrônicos nos sistemas de iluminação posteriormente irá se tornar lixo eletrônico e prejudicar o meio ambiente

O uso de inversores possui papel fundamental no sistema fotovoltaico. Sua atuação é basicamente inverter a energia elétrica gerada pelos painéis, de corrente contínua (CC) para corrente alternada (CA) conforme Figura 3 (a), além de possuir o papel de garantir a segurança do sistema e medir a energia produzida pelos painéis solares.

Figura 3. (a) Topologia com o uso de inversores, (b) Topologia sem o uso de inversores.



Fonte. Adaptada pela autora.

Com a inserção das fontes renováveis no mercado elétrico, a geração fotovoltaica juntamente com as microrredes, apresentam propostas de simplificar a alimentação de lâmpadas e outros aparelhos eletrônicos que necessitam de baixas tensões para seu funcionamento. Na figura 3 (b), está exposto um sistema de iluminação sendo atendido pela geração solar de forma direta, sem o uso de conversores.

3 COLETA DE DADOS

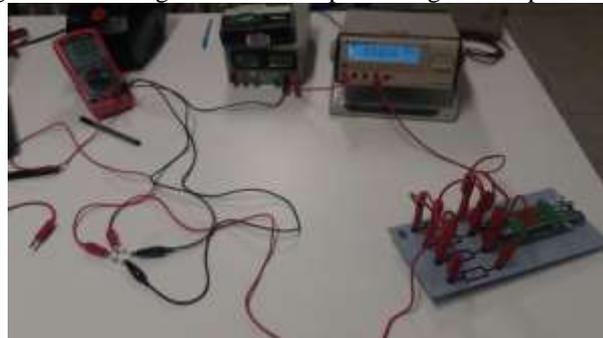
Para realização deste estudo, realizou-se revisões da literatura sobre as microrredes e assuntos que interligam essa nova tecnologia, como a eletrônica de potência, proteção de sistemas elétricos CC, tipos de conversores e geração solar de energia elétrica,

Além disso, foi analisado os contextos sobre circuitos elétricos de iluminação a LED, modelagem e simulação das microrredes CC em residências.

Por fim, montou-se o projeto físico em laboratório, incluindo a montagem de uma lâmpada de LED a fim de coletar as especificações da luminária e utilizar os dados necessários para iluminar uma sala de aula.

Foi montado o circuito com fonte de tensão, resistores e a lâmpada de LED alimentada em 12V, conforme Imagem 1. Após isso, em uma distância de 2 metros mediu-se com o luxímetro a quantidade de iluminância (lux) da lâmpada projetada.

Imagem 01. Montagem de circuito para energizar lâmpada de LED



Fonte: A autora.

A partir disso, realizou-se os cálculos para observar a quantidade de lâmpadas necessárias pra chegar ao nível de Iluminância ideal para ambientes de acordo com as atividades que serão executadas no espaço, como determina a Norma Técnica 5413 (Iluminância de Interiores) da Associação Brasileira de Normas Técnicas –ABNT, que para esse estudo refere-se a uma sala de aula.

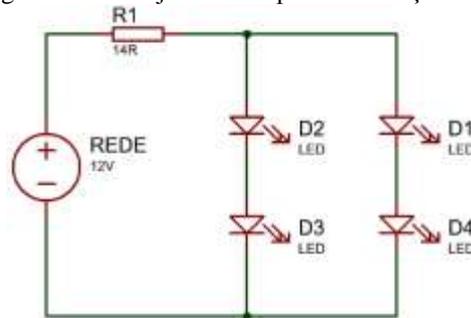
E com o quantitativo de luminárias foi possível determinar a disposição dos pontos elétricos no ambiente e dimensionar o sistema solar que irá fornecer a energia elétrica requerida pelas lâmpadas de LED.

4 RESULTADOS O DISCUSSÃO

4.1 Arranjo do circuito e distribuição das luminárias

O led possui longa durabilidade, alta eficiência, variedade de cores, dimensões reduzidas, baixo consumo de energia e pouca dissipação de calor. Para atender a proposta de montar uma lâmpada alimentada em 12 V, foi realizado o arranjo da Figura 04.

Figura 04. Arranjo de led's para iluminação.

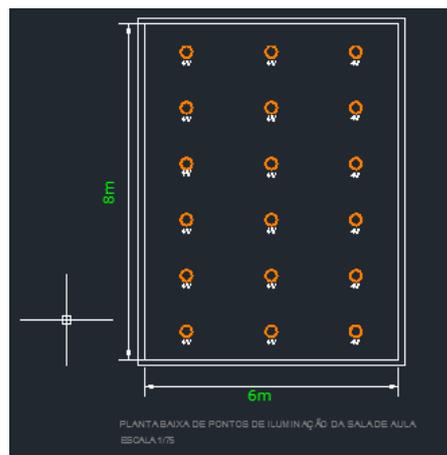


Fonte: A autora

Com base na luminária, realizou-se o levantamento do ambiente a ser iluminado e através da norma NBR 5413 e dos parâmetros utilizados no método dos lumens pode-se de acordo com a iluminância desejada exibir as propriedades referente ao lançamento das lâmpadas em uma sala de aula com 8 m de comprimento, 6 m de largura e pé direito de 2,75 m.

Com a quantidade de luminárias e no software AUTOCAD, realizou-se a distribuição de luminárias no ambiente, conforme Figura 05.

Figura 05. Distribuição de lâmpadas de 4W LED na sala de aula.



Fonte: A autora.

Foram locadas 3 colunas e 6 linhas, totalizando a quantidade de luminárias calculadas para atender a iluminação da sala. Este layout propaga de forma uniforme a iluminação.

4.2 Projeto de sistema fotovoltaico isolado

Neste estudo propõe-se um sistema de iluminação de sala de aula, com LED SMD 5050, que seja energizado diretamente pela fonte solar fotovoltaica. Através dos cálculos encontrou-se a potência necessária para atender a iluminação e elaborou-se o dimensionamento do sistema solar conforme Tabela 01.

Tabela 01. Levantamento da carga de iluminação de LED.

| 1. LEVANTAMENTO DE CARGAS QUE SERÃO ALIMENTADAS PELO SISTEMA FOTOVOLTAICO | |
|---|----------------|
| Equipamento | Lâmpada de LED |
| Quantidade | 18 |
| Potência unitária (W) | 4 |
| Potência total (VA) | 78,26 |
| Horas de uso/dia | 8 |
| Potência total (W/dia) | 626,09 |

Fonte: A autora.

Na Tabela 02, encontra-se a modelagem dos painéis;

Tabela 02. Modelagem dos painéis

| 2. DEFINIÇÃO DO TIPO DE PAINEL FOTOVOLTAÍCO | | | |
|--|----------------|------------------------|-----------|
| | Potência (W/h) | Média de insolação (h) | Total W/h |
| Valor estimado de geração | 626,09 | 7 | 89 |
| Modelo do painel: CSI CS6U-330P (330Wp) Dimensões= 1660 x 992 x 40 PESO(Kg)= 22,2 Pp= 330 Watts Vm= 37,2 Im- 8,88 A - Silício policristalino | | | |
| Quantidade de painéis do tipo KM 330 | 1 | | |
| Corrente do painel | 8,88 | | |
| Tipo de Ligação | Paralelo | | |
| Soma das Correntes dos paineis | 8,88 | | |

Fonte: A autora.

Observa-se que será necessário um painel ou conjunto de painéis que gerem 89Wh no mínimo. E considerando uma eficiência dos painéis de 83% de produção esse total deverá ser de 106Wh gerado.

Para controlar a carga gerada pelos painéis e o carregamento e descarregamento da bateria, calculou-se a quantidade de controlador de carga conforme Tabela 03.

Tabela 03. Dimensionamento do controlador de carga

| 3. ESCOLHA DO CONTROLADOR DE CARGA | |
|--|-----|
| Corrente de geração para tensão de 12V (A) | 8,8 |
| Controlador de carga | 10A |

Fonte: A autora.

Considerando a corrente gerada pelos painéis que é de 8,8 para o sistema em 12V o controlador de carga deverá suprir esse valor. Resultando em 1 controlador de carga de 10 A.

Tabela 04. Análise da bateria a ser utilizada no sistema fotovoltaico

| 4. DIMENSIONAMENTO DAS BATERIAS | |
|--|------|
| Corrente do sistema (12V) | 8,8 |
| Horas de insolação | 7 |
| Total da corrente produzida pelo(s) painéis na tensão de 12V; Tem-se (Adia); | 61,8 |
| Quantidade de baterias 70 Ah | 5 |

Fonte: A autora

Como o sistema precisa de 61,8 A por dia, para armazenar energia elétrica para o sistema de iluminação serão necessários instalar 5 baterias, conforme Tabela 04.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No sistema isolado fotovoltaico deste estudo verificou-se que a energia gerada pelos painéis fotovoltaicos está direcionado à alimentação da iluminação e armazenamento nas baterias, o que possibilita ter energia disponível quando o sistema não está gerando nenhuma energia.

Em geral, conclui-se que o sistema isolado projetado neste estudo demonstra ser auto suficiente, o que traz segurança porque independe da rede elétrica.

Além disso, o projeto da lâmpada é promissor, uma vez que, o arranjo de LED's possui maior eficiência, economia e menos perdas, e verificar com fornecedores como a HTL (Instalação e Manutenção Elétrica), que uma lâmpada do tipo spot LED 4 W, que se assemelha com a lâmpada projetada, economiza 92% de energia elétrica quando comparado com uma lâmpada convencional halógena 50 W.

A microrrede permite alimentar as cargas de iluminação sem o uso do inversor. Como não possui inversor no dimensionamento o orçamento para essa instalação diminui, no entanto, considera-se um investimento alto por ser apenas cargas de iluminação de baixa potência e ser necessário implantar baterias, o que torna o sistema mais caro.

A microgeração com o uso do inversor acarreta perdas de energia no sistema, por dissipar calor nos equipamentos quando realizadas as conversões dos níveis de tensão, com a microrrede e a lâmpada projetada para ser atendida com o mesmo valor de tensão da geração solar é reduzido esse quantitativo.

A ausência de regulamentações que estabeleçam normativos para sua aplicação e a padronização do mercado de equipamentos dificulta as instalações. No entanto, as considerações anteriores incitam a pesquisa como ferramenta para que haja o avanço dessa inovação e sua ampliação no mercado elétrico.

Por tudo isso, conclui-se que o método de pesquisa adotado neste estudo reúne disciplinas básicas e essenciais para o exercício das profissões afins a essa temática. Onde, considera-se o sistema isolado com o uso das microrredes uma instalação sustentável, de qualidade e disponibilidade no fornecimento de energia elétrica, uma vez que, esse recurso como sistema autônomo proporciona bem estar e prioriza pela independência de atendimento e redução de custos energéticos a longo prazo.

REFERÊNCIAS

COSTA, Paulo M. A. de. **Regulação da Microgeração e Microredes em Sistemas de Distribuição de Energia Elétrica**, 2008. Tese (Doutorado) Universidade do Porto, Porto, 2008. Disponível em: <<https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/59841/1/000130404.pdf>>. Acesso em 05 Mar 2017.

MARINHO, Gisele Souza Parmezzani. **Apresentação de uma indústria sucroalcooleira sob os conceitos de microrrede de Energia elétrica**. 2011.193f. Dissertação(Mestrado) - Universidade Estadual de São Paulo. São Paulo, 2011. Disponível em: <http://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/87162/marinho_gsp_me_ilha.pdf?sequence=1>. Acesso em: 05 Mar. 2017.

HELDWEIN, Marcelo Lobo. **Especulando sobre o futuro: Distribuição em CC para Integração de Fontes Distribuídas**. Apresentação (Slide). Universidade Federal de Santa Catarina. Disponível em: <http://www.biblioteca.btu.unesp.br/Home/Referencias/LuABNT_6023.pdf>. Acesso em: 05 Mar. 2017.

MENDONÇA, Lucas Paulis. **Introdução às microrredes e seus desafios**. 2011. TCC(Graduação). Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, RJ. 2011. Disponível em: <<http://www.monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10003805.pdf>>. Acesso em: 05 Mar. 2017.

DIAZ, Enrique Rodriguez; SAVAGHEBI, Mehdi; QUINTERO, Juan Carlos Vasquez; GUERRERO, Josep M. **An Overview of Low Voltage DC Distribution Systems for Residential Applications**. Published in: Proceedings of the 5th IEEE International Conference on Consumer Electronics (IEEE ICCE-Berlin 2015). 2015.

DIAS, André de Faria. **Implementação de microrredes residenciais em corrente contínua através da microgeração**. 2013. 48f. TCC (Graduação). Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia. Guaratinguetá, 2013.

SALOMONSSON, D.. **Modeling, Control and Protection of Low-Voltage DC Microgrids**. Doctoral Thesis Royal Institute of Technology School of Electrical Engineering Electric Power Systems Stockholm, Sweden, 2008.

HELDWEIN Marcelo Lobo. **Microrredes em Corrente Contínua: Qualidade de Fornecimento e Eficiência em Futuras Redes de Distribuição.**

AGRENER GD: Congresso sobre Geração distribuída e Energia no Meio Rural, 10, 2015, São Paulo. **Estudo e simulação de uma microrrede de energia elétrica nos modos conectado e isolado.** São Paulo: USP, 2015.

HTC, **Tabela de equivalência entre lâmpada LED e lâmpadas convencionais.** Disponível em: <http://www.htlbrasil.com/Arquitetura/PDF/tabela-de-equivalencia-de-iluminacao-e-economia-de-energia-eletrica.pdf>. Acesso em: 21 Mar. 2018.

A LABORATORY ANALYSIS ON THE IMPLEMENTATION OF CONTINUOUS RESIDENTIAL MICRORRIES IN THE PHOTOVOLTAIC MICROGENERATION SYSTEMS

***Abstract:** This project aims at analyzing, designing and executing a photovoltaic microgeneration system, allied to the microgrids, to attend to the illumination of a classroom, verifying to what extent this association makes the residential electrical distribution system more efficient and the interdisciplinarity of the subjects covered for this analysis and execution increase the knowledge of researchers involved in various areas of electricity in an innovative way. Thus, an explanatory-descriptive approach of quantitative nature is adopted to observe the object of study to be developed through computational simulations and to accurately describe the data of the physical design assembly. This theme becomes relevant because it is innovative and encourages the dissemination of the use of microgeneration with solar panels, aiming to contribute with the quality and availability of electric energy provided in residences and to promote the reduction in environmental impacts through a clean and renewable source. Through this study, it is concluded that the use of microgeneration in consonance with the microregion makes the consumption more independent of the electricity grid and efficiently attends the illumination of the classroom in study, and also, treats in a practical and innovative way the dissemination of the knowledge.*

Key-words: Microrrede. Direct current. Microgeneration. Interdisciplinarity.