

POSTE DE ILUMINAÇÃO OPERADO COM ENERGIA FOTOVOLTAICA COM SEGUIDOR SOLAR

Hugo José Amaral do Nascimento¹

Davino Neto²

Ítallo Fernando de Melo Amaral³

Marley Rosa Luciano⁴

Lucas Paglioni Pataro Faria⁵

Resumo: O gasto energético para iluminar ruas e avenidas de áreas urbanas sempre foi relevante nos gastos financeiros de cada cidade. Por esse motivo, a Agência Nacional de Energia Elétrica, ANEEL, tem elaborado uma série de iniciativas para viabilizar outras formas de energia renováveis e sustentáveis. Uma dessas iniciativas é a Resolução 482 que permite a qualquer consumidor gerar energia sustentável para a sua residência desde que seja comunicado à concessionária responsável pela geração e distribuição de energia. Este trabalho propôs o desenvolvimento de um poste operando por painéis fotovoltaicos que geram eletricidade, este painel foi acoplado à tecnologia de um seguidor solar que, uma vez exposto à radiação solar, irá maximizar a área de contato do painel a energia gerada é armazenada em baterias de lítio permitindo assim uma iluminação mais eficiente durante a noite. Para a construção do protótipo final e realização dos testes no mesmo foi preciso realizar várias medições para garantir sua eficiência. Esses estudos foram feitos realizando medições diárias e de hora em hora para entender melhor o funcionamento do projeto e suas limitações. O teste de medições durou 90 dias sendo 30 dias com o uso do seguidor solar, 30 dias sem o seguidor solar e 30 dias com um sombrite sobre a placa solar, simulando uma sombra diária, observou-se que a utilização do seguidor solar permitiu um aumento de aproximadamente 30% na geração de energia diária do equipamento.

Palavras-chave: Energia, Fotovoltaica, Seguidor Solar, Poste Sustentável.

1 INTRODUÇÃO

A demanda energética do Brasil e do mundo tem sido muito alta. Isso faz com que constantemente seja necessária a busca de novas formas de captação e geração de energia para evitar futuras crises energéticas.

Segundo o governo brasileiro, o Brasil vai precisar investir em novas formas de geração de energia até 2050 para dar conta do aumento de demanda que virá. Segundo estudo divulgado pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE), o consumo brasileiro vai triplicar, chegando a 1.624 terawatt-hora (Twh) (PAC, 2014).

Outra grande preocupação é o alto gasto com a iluminação pública. Diminuir esse custo financeiro irá possibilitar futuros investimentos em outras áreas mais necessitadas (CARTA CAPITAL, 2017).

Para a produção de energia elétrica utilizando a radiação solar existem dois sistemas: o heliotérmico, em que a irradiação é convertida primeiramente em energia térmica e posteriormente em elétrica e o fotovoltaico, no qual a irradiação solar é convertida diretamente em energia elétrica. A eficiência da conversão é medida pela proporção de radiação solar incidente sobre a superfície da célula que é convertida em energia elétrica. Atualmente, as células mais eficientes proporcionam 25% de eficiência. Segundo a Eletrobrás, em dezembro de 2011, a iluminação pública no Brasil correspondeu a aproximadamente 4,5% da demanda nacional e 3% do consumo total de energia elétrica do país. São cerca de 2 GW e um consumo de 9,7 bilhões de kWh/ano (SEF, 2015).

Com o intuito de reduzir o gasto energético de iluminação pública, surgiu a ideia de construir um poste autônomo, desenvolvido para ser independente, sustentável e duradouro, possuindo alta qualidade e garantindo retorno financeiro em curto prazo. O poste pode ser aplicado em iluminação pública, viária, condomínios e outras aplicações.

A partir de pesquisas na literatura sobre o assunto foi construído um protótipo em tamanho reduzido, utilizando o FabLab da Instituição Newton Paiva, para certificar a viabilidade do projeto poste fotovoltaico de baixo custo. Posteriormente foram realizados ensaios experimentais para verificação da eficiência de iluminação e autonomia do protótipo.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O Brasil é um dos países com maior potencial de energia solar no mundo, mas possui apenas 15 MW de capacidade instalada de energia fotovoltaica

(PANORAMACOMERC, 2015).

O país possui hoje cerca de 15 MW de potência instalada de energia fotovoltaica, segundo dados da ANEEL, além de seis projetos de empreendimentos fotovoltaicos com potência total 128 MW, que devem ser construídos nos próximos anos. A geração solar é incipiente se comparada à matriz elétrica brasileira, que possui 135.000 MW de potência instalada (PANORAMACOMERC, 2015).

A Alemanha é um exemplo, no que diz respeito à geração de energia solar, com 35.500 MW de potência instalada em centrais fotovoltaicas – capacidade instalada superior ao total de usinas termelétricas instaladas no Brasil, atualmente com 25.919 MW de capacidade instalada (PANORAMACOMERC, 2015).

Importante ressaltar que a Alemanha recebe menos da metade da radiação solar diária em comparação com o Brasil – cerca de 2,5KWh/m² contra, em média, 5,9KWh/m² diários do Nordeste brasileiro. O Brasil é um dos países com maior potencial de energia solar do mundo (PANORAMACOMERC, 2015).

Com relação ao país, a cidade de Criciúma, localizada no estado de Santa Catarina é uma das primeiras cidades a utilizar a tecnologia fotovoltaica na iluminação pública. O projeto começou a ser colocado em prática; alguns painéis solares já foram instalados em postes de um estacionamento onde foram utilizadas lâmpadas de LED, que consomem menos energia (SUNCOMEX, 2017).

O pequeno arquipélago de Fernando de Noronha também entrou na corrida da produção de energia limpa. O primeiro passo foi dado através de um projeto piloto, que visa à iluminação pública alimentada apenas por energia solar. Esse projeto será implantado em várias regiões do arquipélago e terá um investimento inicial de 307,3 mil reais. Além desse projeto de iluminação pública autossustentável também haverá um projeto de implantação de faixas de pedestres inteligentes, alimentadas por painéis fotovoltaicos (AMBIENTE ENERGIA, 2017).

Os investimentos visam, juntamente com os benefícios da energia limpa, um retorno financeiro, já que a vida útil dos equipamentos é de 2 a 25 anos (IPED, 2017).

O governo brasileiro, em abril de 2012, aprovou regras com o objetivo de reduzir as burocracias para a instalação de pequenas redes de geração de energia, que inclui a micro geração que vai até 100KW e a mini geração que vai de 100KW a 1MW (SOLAR ENERGY, 2017).

A resolução aprovada é a de número 482/2012, que permite que o consumidor produza energia em sua residência e a armazene na rede de distribuição, tendo assim um desconto na sua conta de luz em relação à energia que ele produziu em sua residência. Com esta resolução será mais fácil “vender” a energia produzida para as concessionárias. Entretanto, esta resolução é válida apenas para fontes alternativas de geração de energia, como: painéis solares, turbinas eólicas e geradores movidos a bicombustíveis (RESOLUÇÃO ANEEL 482, 2017).

A Cemig, concessionária de energia de Minas Gerais, busca investir na tecnologia fotovoltaica, em que se utilizam placas de silício para transformar a radiação solar em energia elétrica. Junto com o programa Luz para Todos, a mesma já instalou o sistema fotovoltaico em 1667 residências que, somadas às unidades instaladas em outros programas já perfazem 2500 residências, escolas e postos de saúde (CEMIG, 2017).

Para realizar a instalação de um sistema fotovoltaico, é necessário conhecer a posição aparente do Sol. Pérez-Denicia *et al.* (2017) realizaram um estudo com a ferramenta *Sun Earth Tools* para diferentes dias do ano indicando a trajetória aparente do Sol. O teste de

simulação foi realizado para a cidade de Hermosillo com o ângulo de elevação do Sol variando entre 40° e 80° ao longo do ano.

Os resultados da simulação mostraram que o componente mais importante do sistema é o painel fotovoltaico, que pode ser afetado pelas condições de operação. Uma vez que não é possível atuar sobre o clima para melhorar as condições de eficiência do painel, existe a possibilidade de corrigir a orientação dos painéis do sol, o que resulta num aumento da eficiência em até 42,8%, mas para chegar nesse aumento significativo é necessário utilizar um rastreador solar (PÉREZ-DENICIA *et al.*, 2017).

3 METODOLOGIA

Realizando pesquisas e estudos sobre a energia fotovoltaica e sobre energias limpas foi desenvolvido um poste sustentável. Seu objetivo é substituir os postes de iluminação pública de praças, parques e até mesmo rodovias e cidades.

Trabalhando nisto, foram desenvolvidos três protótipos.

O primeiro foi criado apenas para substituir os postes atuais utilizando a luz solar durante o dia para recarregar suas baterias conforme observado na Figura 1.

FIGURA 1 – Vista Superior do Poste Fotovoltaico

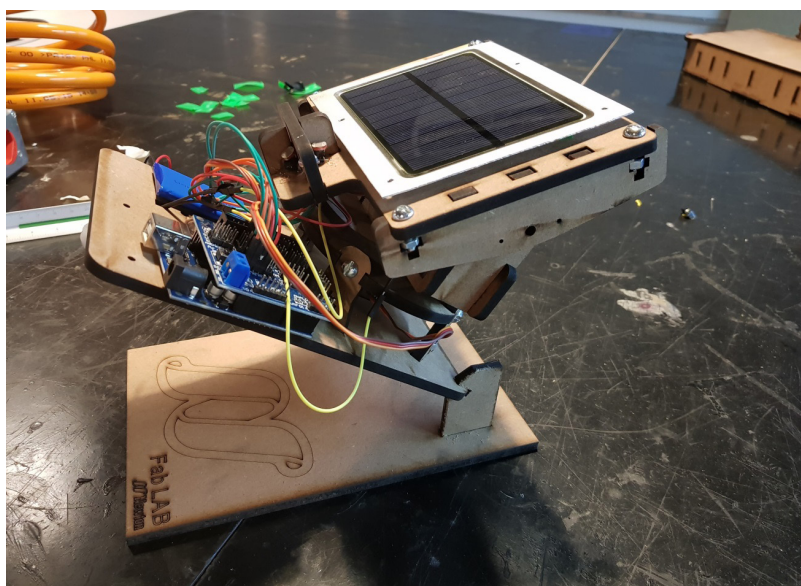


Fonte: Próprio autor, 2017.

No segundo protótipo, acoplou-se um seguidor solar para buscar aumentar a geração de energia de forma maximizada. Esse projeto foi desenvolvido em

uma escala menor para que fosse possível realizar os testes e validar a funcionalidade do seguidor. Esse protótipo pode ser observado melhor na Figura 2.

FIGURA 2 – Seguidor Solar



Fonte: Próprio autor, 2017.

O terceiro protótipo foi construído em tamanho real para permitir assim os testes finais. Utilizando um seguidor solar, o poste pôde aproveitar melhor a luz solar e, assim, ampliar sua capacidade de recarregar sua bateria. Sua construção foi embasada no protótipo dois, onde foi desenvolvido o sistema de seguidor solar. O sistema é apresentado na Figura 3.

Após o término da construção do poste, foram realizados testes para verificar a eficiência dos protótipos juntamente com uma memória de cálculo em que se mostra que o projeto é viável e autossuficiente.

Para saber o custo necessário para a construção do poste, elaborou-se uma lista com todas as peças utilizadas na construção. Depois disto,

FIGURA 3 – Vista Superior do Poste Fotovoltaico com o Seguidor Solar



Fonte: Próprio autor, 2017.

foram realizadas pesquisas para obter os melhores preços de cada peça e, assim, conseguiu-se uma redução de 15% no valor total do equipamento. Além disso, foi feita uma pesquisa para produção em larga escala, sendo possível reduzir ainda mais o valor de produção.

O Poste é composto por um sistema fotovoltaico responsável por absorver a radiação solar e a transformar em energia elétrica, esta energia gerada através da placa solar é armazenada em uma bateria estacionária de ciclo profundo, posteriormente esta energia armazenada é utilizada para o acionamento do sistema permitindo assim a iluminação de vias públicas.

O sistema utiliza um controlador de carga para aumentar a durabilidade da bateria e controlar o gasto energético.

O seguidor solar tem o papel de captar o máximo de radiação solar durante todo o dia, aumentando, então, a capacidade de geração do sistema. A operação do seguidor é feita pela própria energia gerada pela placa solar, evitando o consumo da energia armazenada na bateria.

Para provar a eficiência do projeto, desenvolveu-se uma memória de cálculo para assim dimensionar o “Poste de Iluminação Operado com Energia Fotovoltaica”. Como resultado desse documento, foi possível provar a viabilidade do projeto.

As seguintes premissas foram adotadas para o desenvolvimento dos cálculos:

- Servo motor para atender as seguintes especificações: Torque 9N, Grau de trabalho 180°, Alimentação 12V.
- Autonomia mínima de 10 horas;
- Bloqueio da carga da bateria quando completar 100%;
- Profundidade de descarga da bateria (limite

máximo em que a bateria pode descarregar – valores de referência: ciclos rasos de 20 a 40%, ciclos profundos de 50 a 80%.)

- LEDs 12 V;
- Altura de instalação de 4 metros;
- Para programar o servo motor, foi usada uma placa de circuito por ter um menor consumo de energia em comparação ao Arduino que é uma plataforma de prototipagem eletrônica de hardware livre e de placa única, projetada com um microcontrolador Atmel AVR com suporte de entrada/saída embutido, uma linguagem de programação padrão, a qual tem origem em Wiring, e é essencialmente C/ C++ (CANALTECH,2017).

Para se dimensionar uma placa fotovoltaica, é indispensável ter em mãos o valor das cargas a serem consumidas obtendo-se a partir da Equação 1.

$$C = \left(\frac{C_{CC}}{\eta_{Bat}} \right) + \left(\frac{C_{CA}}{\eta_{Bat} \times \eta_{Inv}} \right) \quad \text{Eq.1}$$

Onde:

C → - → Carga Total (Wh/dia)

C_{CC} → - → Carga consumida em corrente contínua (Wh/dia)

C_{CA} → - → Carga consumida em corrente alternada (Wh/dia)

η_{Bat} → - → Eficiência Global da Bateria (aproximadamente 86%);

η_{Inv} → - → Eficiência do Inversor (aproximadamente 85%)

As cargas a serem utilizadas no sistema são apresentadas na Tabela 1.

TABELA 1 – Lista de equipamentos com seus valores estimados.

NOME	CARACTERÍSTICA	TENSÃO	POTÊNCIA	TEMPO	CARGA
Luminária de Led	Iluminação	12 V	24 W	10 hr	120 Wh/d
Servo TowerPro 995R	Motor para o seguidor solar	6 V	5,4 W	1 hr	5,4 Wh/d

Fonte: Próprio autor, 2017.

Para se calcular a carga utilizada por cada equipamento, procede-se assim:

- → CARGA 1 – Luminária

A potência será um dado de entrada de acordo com a especificação da luminária.

Duração de 10 horas – Sendo de 19h às 05h de

acordo com a Equação 2.

$$12w \text{ (Potência Luminária)} \times 10 \text{ h (Horas de Funcionamento)} = 120 \frac{Wh}{d} \quad \text{Eq.2}$$

- → CARGA 2 – Servo motor

A potência é calculada pela tensão de alimentação

pela corrente de operação.

Duração de 1 hora – Sendo em pulsos ao longo do dia de 06h às 18h de acordo com a Equação 3.

$$5,4w(\text{Potencia Servo}) \times 1h (\text{Tempo de Funcionamento}) = 5,4 \frac{wH}{d} \quad \text{Eq.3}$$

→ Logo a soma das cargas se dá pela Equação 4.

$$c = \frac{120(\text{Potência da Luminaria}) + 5,4 (\text{Potência Servo})}{0,86 (\text{Rendimento da Bateria})} = 145,81 \frac{Wh}{D} \quad \text{Eq.4}$$

Com os dados das cargas a serem utilizadas, pode-se definir a capacidade da bateria a ser utilizada no projeto, a Equação 5 apresenta o cálculo.

$$CB_{C20} = \frac{C \times \text{dias de autonomia}}{P_D} \quad \text{Eq.5}$$

Onde:

$CB_{C20} (Wh)$ → - Capacidade do banco de baterias em descarga de 20h (Wh)

C → → - Somatório das cargas envolvidas (W)

P_D → → - Profundidade de descarga da bateria

Ao inserir os valores na Equação 5, obtém-se a Equação 6.

Com a capacidade da bateria pode-se determinar a corrente mínima necessária para atender ao sistema, representada pela Equação 6:

$$I_{CB}(Ah) = \frac{CB_{C20}(Wh)}{V_{sis}} \quad \text{Eq.6}$$

Onde:

$I_{CB}(Ah)$ → - Corrente do banco de baterias (Ah)

V_{sis} → → - Tensão utilizada no sistema (V)

Ao inserir os valores na Equação 7 obtém-se a Equação 8:

$$I_{CB}(Ah) = \frac{182,26 (\text{Capacidade da bateria})}{12 (\text{Tensão do sistema})} = 15,18 (Ah) \quad \text{Eq.7}$$

O valor calculado em Amperes/hora foi de 15,18 Ah de acordo com a Equação 7, logo, a carga da bateria é de 40 A/h para atender com a margem de segurança o projeto usando os dados informados pela fabricante.

Com as cargas definidas, a potência do módulo fotovoltaico é calculada pela Equação 8.

$$P_{Ger} = \left(\frac{C}{H_{SP} \times Red_1 \times Red_2} \right) \quad \text{Eq.8}$$

Onde:

C → - Carga consumida (Wh/dia)

H_{SP} → - Horas de sol pleno (horas/dia)

Red_1 → - Perdas no gerador devido à poeira (aproximadamente 75%)

Red_2 → - Perdas gerais no sistema tais como queda de tensão na fiação, controlador de carga e diodos. (90%)

Ao inserir os valores na Equação 8, obtém-se a Equação 9:

$$P_{Ger} = \left(\frac{145,81 (\text{cargas})}{4,55 (\text{consultar tabela 4 anexo}) \times 0,75 \times 0,90} \right) = 47,47 Wp \quad \text{Eq.9}$$

Com o 47,47 Wp, de acordo com a Equação 9, um módulo de 50 Wp atende as necessidades de alimentação do sistema.

Para a duração da vida útil das baterias, usa-se o controlador de carga, cuja função é a de proteger as baterias de serem sobrecarregadas, ou descarregadas profundamente, e assim garantir, que toda a energia produzida pelos painéis fotovoltaicos, seja armazenada com maior eficácia nas baterias, sendo verificada a maior corrente a circular no sistema, seja ela dos painéis ou das cargas. A ser calculado a corrente dos painéis na Equação 10.

$$\text{Corrente dos painéis} = I_{sc}(A) \times \text{Número de painéis em paralelo} \quad \text{Eq.10}$$

Onde:

$I_{sc}(A)$ - Corrente de curto circuito especificada no datasheet da placa.

O valor de I_{sc} , é tabelado e informado pelo fabricante da placa solar, o modelo usado neste projeto foi o KM(P)50, cujo valor é 3,04.

Inserindo valores na Equação 11, obtém-se a corrente dos painéis.

$$\text{Corrente dos painéis} = 3,04 A \times 1 = 3,04 A \quad \text{Eq.11}$$

A corrente das cargas pode ser calculada pela Equação 12.

$$\text{Corrente das cargas} = \frac{Pot_{CC}}{V_{sist}} \quad \text{Eq.12}$$

Onde:

Pot_{CC} - Somatório das potências CC (W)

V_{sist} - tensão no sistema (V)

Inserindo valores na Equação 13, obtém-se a corrente de cargas.

$$\text{Corrente das cargas} = \frac{17,4 W}{12 V} = 1,45 A \quad \text{Eq.13}$$

No dimensionamento do controlador de carga,

usualmente o valor da corrente dos painéis se sobressai em comparação a das cargas, sendo este o valor a ser dimensionado para atender o sistema pelo fator de segurança foi usado um controlador de carga de 10 A.

4 RESULTADOS

Para analisar a eficiência do projeto foram realizados testes e medições nos três protótipos.

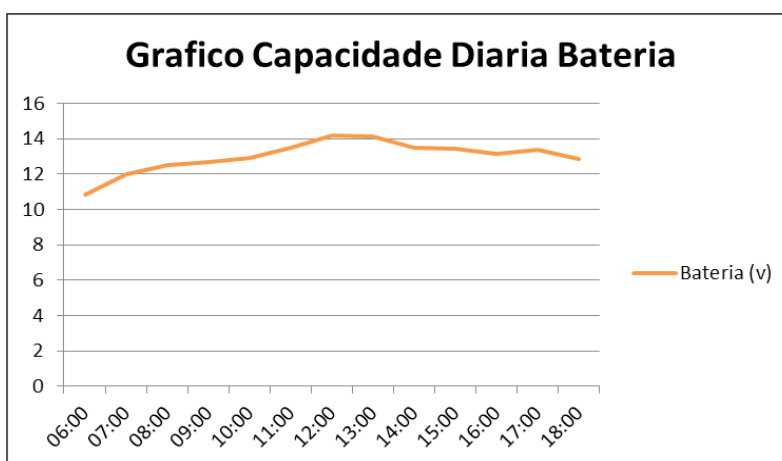
Sem o Uso do Seguidor Solar:

Visando confirmar a durabilidade do sistema, o mesmo foi instalado para testar seu funcionamento. O primeiro teste foi realizado, sem o seguidor solar,

em total funcionamento durante 30 dias consecutivos, o protótipo foi exposto a teste em campo recebendo durante 21 dias radiação solar, 7 dias de média radiação solar (dias nublados) e 2 dias chuvosos. Nesse período, não houve nenhuma falha do sistema e seu funcionamento correu como o planejado.

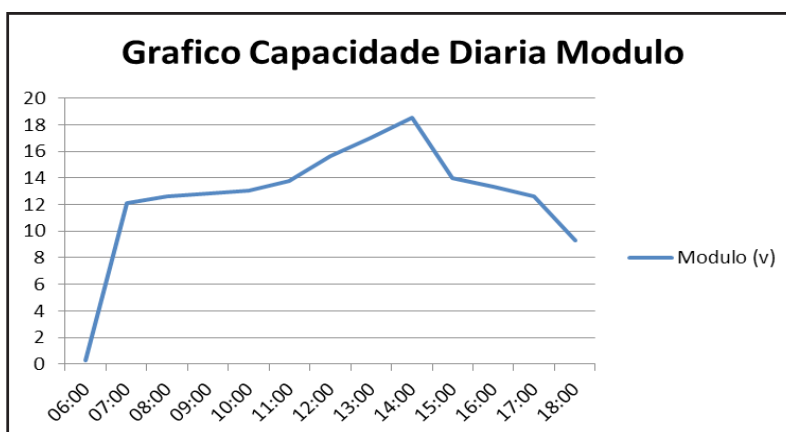
Para analisar a geração oferecida pela placa e a carga da bateria, foi realizado um estudo diário para verificar a eficiência do módulo em relação ao sistema em cada hora de um dia ensolarado. Com esse estudo, foi possível traçar um gráfico, apresentado nas Figura 4 e Figura 5, mostrando o comportamento da bateria e a placa solar do sistema em cada hora do dia.

FIGURA 4 – Capacidade Diária da Bateria - Sem o Uso do Seguidor Solar



Fonte: Próprio autor, 2017.

FIGURA 5 – Capacidade Diária do Módulo - Sem o Uso do Seguidor Solar



Fonte: Próprio autor, 2017.

Um teste com o intuito de gerar um índice de segurança foi realizado onde foi instalado um sombrite com potencial de gerar 25% de sombra sobre o módulo durante todo o dia. O teste teve uma duração de 15 dias consecutivos e teve como

objetivo simular possível sombra permanente sobre o módulo. Esse teste contou com 10 dias de radiação solar e 5 dias com média insolação solar (dias nublados). Esse processo pode ser observado na Figura 6.

FIGURA 6 – Poste Fotovoltáico com Sombrite.



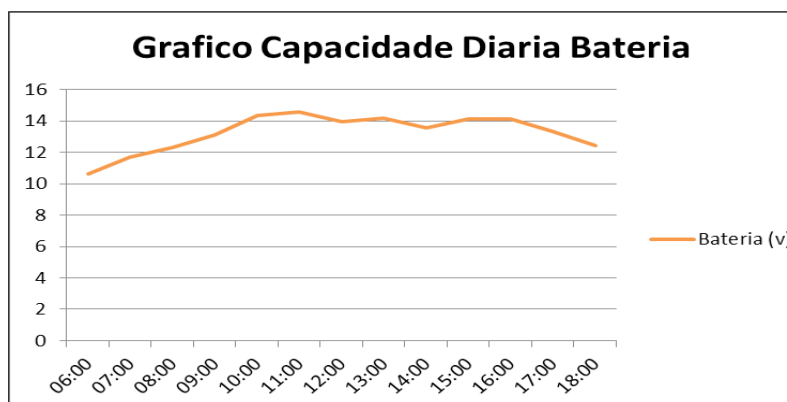
Fonte: Próprio autor, 2017.

Com o Uso do Seguidor Solar:

O teste com o seguidor solar foi realizado com o intuito de confirmar o funcionamento do mesmo e analisar os prós e contras de se utilizar esta tecnologia. O teste foi realizado por um dia para verificar qual seria a capacidade de geração do projeto com o seguidor comparado com os testes realizados sem o seguidor.

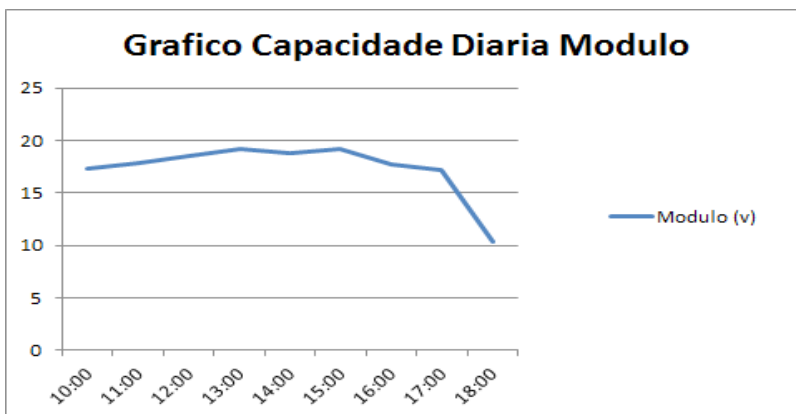
Para analisar a geração oferecida pelo módulo, juntamente com o seguidor solar e a carga da bateria, foi realizado um estudo diário para certificar a eficiência do módulo em relação ao sistema em cada hora de um dia ensolarado. A Figura 7 representa a capacidade diária da bateria e a Figura 8 representa a capacidade diária do módulo.

FIGURA 7 – Capacidade Diária da Bateria - Com o Uso do Seguidor Solar



Fonte: Próprio autor, 2017.

FIGURA 8 – Capacidade Diária do Módulo - Com o Uso do Seguidor Solar



Fonte: Próprio autor, 2017.

5 CONCLUSÃO

Com a construção dos protótipos foi possível chegar à conclusão de que a construção do Poste Operado à Energia Fotovoltaica com Seguidor Solar é viável.

O objetivo com maior dificuldade de se alcançar certamente foi o valor de produção do projeto, pois para haver esta redução é necessário que se estructure muito bem o processo de produção além de buscar fornecedores com preços mais acessíveis.

Outro grande desafio para a construção do protótipo foi a especificação do sistema que gere um poste de dimensões compactas e que possa ser modular e substituir as luminárias dos postes convencionais.

Partindo-se dessa premissa, as especificações do poste foram simplificadas para a construção de um protótipo que possa ser compacto e modular.

Os testes com o protótipo em tamanho real foram realizados durante três meses, neles pôde-se observar que a utilização do mecanismo de seguidor solar não é tão compensadora quanto imaginado, a utilização do mesmo aumentou em média 30% a geração diária. Porém, apesar da mecânica do seguidor ser resistente e confiável, o risco de necessidade de manutenção com sua utilização é bem maior, gerando assim uma incerteza da qualidade e durabilidade do sistema. Outra premissa observada foi de que o valor para se construir um sistema de seguidor comparado com um módulo maior não seria compensador, sendo melhor utilizar um módulo solar com uma dimensão um pouco maior, porém com um valor menor comparado ao sistema com seguidor.

6 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Faculdade Newton Paiva, FabLAB Newton e a empresa Fervelator pelo apoio no desenvolvimento desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

ALEMANHA SE TORNOU LÍDER EM ENERGIA SOLAR PER CAPITA. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/blog-solar/energia-solar/alemanha-se-tornou-lider-em-energia-solar-per-capita.html>. Acesso em: 09/11/2017.

BRASIL OCUPA 4º LUGAR NO RANKING DE PRODUÇÃO DE ENERGIA RENOVÁVEL. Disponível em: http://suncomex.com.br/noticias/noticia_leitura/4. Acesso em: 09/11/2017.

PÉREZ-DENICIA, Eduardo; FERNÁNDEZ-LUQUEÑO, Fabián; VILARIÑO-AYALA, Darnes; MONTAÑO-ZETINA, Luis Manuel; MALDONADO-LÓPEZ, Luis Alfonso. *Renewable energy sources for electricity generation in Mexico: a review*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 78, p. 597-613, 2017.

FERNANDO de Noronha conta com postes alimentados a energia solar. Disponível em: <https://www.ambienteenergia.com.br/index.php/2015/02/fernando-de-noronha-counta-com-postes-alimentados-energia-solar/25278>. Acesso em: 09/11/2017.

CARTA CAPITAL. Para evitar crise, Brasil precisa diversificar matriz energética. <https://www.cartacapital.com.br/economia/para-evitar-crise-brasil-precisa-diversificar-matriz-energetica-3395.html>. Acesso em: 30/10/2017.

Luz para todos – CEMIG. Disponível em: https://www.cemig.com.br/pt-br/A_Cemig_e_o_Futuro/sustentabilidade/nossos_programas/sociais/Paginas/luz_para_todos.aspx. Acesso em 09/11/2017.

NOVAS regras da ANEEL para geração doméstica de energia elétrica solar. Disponível em: <http://solarenergy.com.br/2016/03/novas-regras-aneel-geracao-domestica-energia-solar/>. Acesso em: 09/11/2017.

Resolução Normativa nº 482 de 17 de Abril de 2012. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>. Acesso em: 09/11/2017.

VANTAGENS das energias renováveis para o meio ambiente. Disponível

em: <https://www.iped.com.br/materias/ambiental/vantagens-energias-renovaveis-meio-ambiente.html>. Acesso em: 09/11/2017.

O que é Arduino? Disponível em: <https://canaltech.com.br/hardware/o-que-e-arduino/>. Acesso em: 21/09/2019.

DEMANDA por eletricidade no Brasil vai triplicar até 2050. Disponível em: <http://www.pac.gov.br/noticia/13554306>. Acesso em: 21/09/2019.

ENERGIA Solar no Brasil e no Mundo. Disponível em: <http://panorama.comerc.com.br/2015/05/energia-solar-no-brasil-e-no-mundo/>. Acesso em: 21/09/2019.

NOTAS DE FIM

1 hugojoseamaral27@gmail.com

2 davinoleoneto@gmail.com

3 italloff@hotmail.com

4 marleyros@gmail.com

5 lucas.faria@newtonpaiva.br