



ISSN: 2447-5580

Disponível em: <http://periodicos.ufes.br/BJPE/index>



ARTIGO ORIGINAL

OPEN ACCESS

## DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO À REDE DOS CONTROLADORES SEMAFÓRICOS DO MUNICÍPIO DE VILA VELHA-ES

### DEVELOPMENT OF A PHOTOVOLTAIC SYSTEM CONNECTED TO THE TRAFFIC LIGHT NETWORK CONTROLLERS IN THE VILA VELHA CITY, ES

Carlos Matheus de Souza<sup>1</sup>, Adan Lucio Pereira<sup>2\*</sup>, Bruno Rocha Baggieri<sup>3</sup>, Mariana Gentilia Littig Krugel Magioni<sup>4</sup>, Igor Odilon Barbosa<sup>5</sup>, Jussara Fárias Fardin<sup>6</sup>, Lilian Naoko Fujiwara<sup>7</sup>, Lucas Frizera Encarnação<sup>8</sup>

<sup>1 2 3 4 5 6 7 8</sup> Universidade Brasileira - Multivix Vitória.

<sup>1</sup> cmsouza1998@gmail.com <sup>2\*</sup> adanlucio@gmail.com <sup>3</sup> brunokbo@gmail.com <sup>4</sup> marianalkm@gmail.com

#### ARTIGO INFO.

Recebido em: 08.07.2019

Aprovado em: 24.07.2019

Disponibilizado em: 20.09.2019

#### PALAVRAS-CHAVE:

Eficiência Energética; Semáforos; Sistemas Fotovoltaicos.

#### KEYWORDS:

Energy Efficiency; Traffic lights; Photovoltaic Systems.

\*Autor Correspondente: Souza, C.M.de

#### RESUMO

O setor elétrico brasileiro necessita de uma reforma tecnológica e sustentável para o melhor desenvolvimento do país. As reestruturações vêm acontecendo no mundo inteiro com a inserção das fontes alternativas de energia, adaptação das novas tecnologias e mudanças de hábitos que estão impactando o consumo de energia. A postura do consumidor em relação ao consumo de energia elétrica é fator fundamental frente às perspectivas econômicas, sociais e ambientais, enaltecendo a importância de se ter uma população engajada e consciente das implicações de seus atos de consumo. Em paralelo, as centrais semafóricas que auxiliam os motoristas e promovem a fluidez dos veículos no trânsito, representam unidades de consumo de energia distribuídos ao longo das redes de distribuição de energia elétrica e, ao mesmo tempo, são elementos primordiais para o controle dos problemas de congestionamento e, conseqüentemente, o acesso a mobilidade urbana. Entretanto, o consumo de energia elétrica dos semáforos indica um custo adicional aos cofres públicos. Inserindo-se neste contexto o presente trabalho apresenta o desenvolvimento de um sistema fotovoltaico para o abastecimento dos controladores

semafóricos como um mecanismo de eficiência energética para a cidade de Vila Velha - ES. Para isso, foram realizadas as coletas dos dados de consumo e a caracterização das cargas, que serviram de parâmetros para o desenvolvimento do projeto no *Software Sunny Design*. Ao término do artigo são apresentadas a estrutura do projeto e uma síntese do consumo e economia energética dos semáforos da região de estudo.

#### ABSTRACT

The Brazilian electricity sector needs a technological and sustainable reform for the best development of the country. Restructuring has been taking place all over the world with the insertion of alternative sources of energy, adaptation of new technologies and changes in habits that are impacting energy consumption. The consumer's position regarding the consumption of electric energy is a fundamental factor in the economic, social and environmental perspectives, praising the importance of having a population engaged and aware of the implications of their consumption acts. At the same time, traffic lights that assist motorists and promote the fluidity of traffic vehicles represent units of energy consumption distributed throughout electricity distribution networks and, at the same time, are essential elements for the control of traffic problems. congestion and, consequently, access to urban mobility. However, the electricity consumption of the traffic lights indicates an additional cost to the public coffers. Inserting in this context the present work presents the development of a photovoltaic system for the supply of traffic lights as an energy efficiency mechanism for the city of Vila Velha - ES. For this, data collection and load characterization were used, which served as parameters for the development of the project in Sunny Design Software. At the end of the article the structure of the project is presented and a summary of the consumption and energy economy of the traffic lights of the study region.



## INTRODUÇÃO

Sabe-se que, no mundo moderno, a eletricidade é a principal fonte de luz, calor e força. O desenvolvimento industrial, a evolução do estilo de vida e o desenvolvimento de novas tecnologias conduziram a um aumento crescente na demanda por fontes energéticas. Neste sentido, desde 2005, a demanda brasileira por energia elétrica tem crescido em média 3% ao ano. Para suprir essa demanda, é necessário o desenvolvimento de uma matriz energética sólida e confiável. A abundância de recursos hídricos no Brasil tornou óbvia a escolha dessa fonte, que representa 64% da oferta interna de energia (ANEEL, 2018). Entretanto os níveis dos reservatórios variam em função da sazonalidade e do volume de chuva que afetam o setor de energia. Apesar dos problemas com as formas tradicionais de geração de energia, pouco se discute quanto ao uso de energias alternativas no país e os incentivos ao seu uso ainda são precários.

Além dessa crescente demanda de energia, o fato de os combustíveis fósseis serem recursos limitados, adicionado ao impacto ambiental que proporcionam, provocou a necessidade de vários países explorarem fontes alternativas de energia, promovendo mudanças significativas na estrutura do sistema elétrico. A eletricidade gerada por meio da ação do vento, dos raios do sol, de fontes geotérmicas e hídricas e da biomassa são exemplos de fontes alternativas, também, por vezes, denominadas energia “verde” ou fontes renováveis, instaladas como geração distribuída (Soccol, et al, 2016).

A grande representatividade da geração distribuída está na utilização dos painéis fotovoltaicos para a geração de energia. Os sistemas fotovoltaicos utilizam a energia solar para produzir diretamente a eletricidade. A energia elétrica, proveniente das centrais geradoras solares, é utilizada em diversas áreas com o objetivo de gerar energia elétrica aliada às seguintes vantagens: simplicidade de instalação, facilidade de expansão, redução das perdas por transmissão de energia (devido à proximidade entre geração e consumo) e pouca necessidade de manutenção das placas de geração. Adicionalmente, os sistemas fotovoltaicos são microfones silenciosas e não poluentes de geração de energia elétrica (Ribeiro, et al., 2016).

Em paralelo, no que se refere aos níveis de confiabilidade do fornecimento de energia elétrica, a segurança e organização da infraestrutura dos grandes centros urbanos dependem da operação contínua dos semáforos, uma vez que a utilização dos mesmos permite que o fluxo de veículos permaneça organizado e eficaz, evitando assim a ocorrência de acidentes e os diversos problemas de congestionamentos. Portanto, a atuação dos semáforos tem grande relevância nesse cenário e sua alimentação intermitente tem igual importância para manutenção contínua dos sistemas de transporte (Borba & Christmann, 2013).

Neste contexto, a tomada de decisão sobre a implantação dos elementos semafóricos em um cruzamento qualquer, deve ser pautada por critérios técnicos, pois a inserção de um semáforo em um ponto indevido pode prejudicar o desempenho operacional do cruzamento, afetando fatores como a segurança, a demora, o número de paradas e capacidade das vias associadas ao cruzamento. Após a determinação do ponto ideal para a inserção dos semáforos, é de suma importância que o projeto operacional seja adequadamente elaborado segundo a definição do



Citação (APA): Souza, C.M. de, Pereira, A.L., Baggieri, B.R.B., Magioni, M.G.L.K., Barbosa, I.O., Fardin, J.F., Fujiwara, L.N. & Encarnação, L.F. (2019). Desenvolvimento de um sistema fotovoltaico conectado à rede dos controladores semafóricos do município de Vila Velha-ES. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 5(4), 166-177.

número de fases, dos movimentos, duração das fases, e, da escolha do controlador a ser utilizado. Esses parâmetros são definidos em função das características do cruzamento e do tráfego a ser monitorado. Adicionalmente, o projeto operacional é decisivo no que tange ao desempenho do cruzamento, no sentido de ter uma operação com adequada segurança, demora próxima do mínimo, demora máxima limitada a valores aceitáveis, número de paradas próximo do mínimo, tamanho de filas limitados e capacidade compatível com o fluxo da via (Bezerra, 2007; Mukherjee, et al, 2017).

Motivado pela ampla utilização encontrada na literatura e na possibilidade de expandir os benefícios da utilização de novas fontes de geração de energia elétrica, neste trabalho, é apresentada uma análise de viabilidade técnica da inserção da geração fotovoltaica para o abastecimento dos controladores semafóricos da cidade de Vila Velha - ES.

## CONCEITOS FUNDAMENTAIS

### 2.1 POTENCIAL DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

O número de instalações fotovoltaicas no mundo passou a ser significativa a partir dos anos 2000. Os levantamentos mais recentes, apontam que em 2016 existiam mais de 306,5GW de potência instalada pelo mundo. Desse total, mais de 34% está instalado em países europeus com destaque especial para Alemanha, líder isolada no mercado de energia na Europa (EPIA, 2017).

O esforço e investimento da Alemanha para atingir essa posição no mercado de energia solar é notável apesar das baixas taxas de radiação solar em seu território. Como é possível observar na Fig. 1, a média diária alemã de irradiação solar tem variações entre 2,5 e 3,4 kWh/m<sup>2</sup>/dia. Enquanto isso a média brasileira é 3,8 a 6,5 kWh/m<sup>2</sup>/dia e a média no Espírito Santo é de 4,8 a 5,2 kWh/m<sup>2</sup>/dia (ASPE, 2013).



Fonte – ASPE, 2013.



Citação (APA): Souza, C.M. de, Pereira, A.L., Baggieri, B.R.B., Magioni, M.G.L.K., Barbosa, I.O., Fardin, J.F., Fujiwara, L.N. & Encarnação, L.F. (2019). Desenvolvimento de um sistema fotovoltaico conectado à rede dos controladores semafóricos do município de Vila Velha-ES. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 5(4), 166-177.

É nítido observar que o potencial de aproveitamento de energia solar fotovoltaica é muito maior no Espírito Santo e no Brasil do que na Alemanha, principalmente se for comparado com a extensão territorial de cada país. Apesar de ser um país maior e com maiores níveis de radiação solar, em 2015 a potência instalada no Brasil era de apenas 13,3 MW. Enquanto isso, na Alemanha a capacidade instalada é de 41,1GW (EPIA, 2017). Esse fato se destaca como um grande elemento motivacional para o desenvolvimento de pesquisas em eficiência energética e para o aproveitamento de tal potencial.

## 2.2 PAINÉIS FOTOVOLTAICOS

O Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede (SFCCR) é composto pelos módulos fotovoltaicos conectados a um inversor que transforma a energia de Corrente Contínua (CC) em Corrente Alternada (CA) e realiza a entrega às cargas da instalação. O painel fotovoltaico é o elemento gerador do SFCCR. Cada módulo é composto por um agrupamento de células fotovoltaicas que são conectadas em série. Isso é feito pois cada célula consegue fornecer no máximo valores da ordem de 0,6V. A conexão em série permite atingir níveis mais elevados de tensão (Pinho & Galdino, 2014; Fouad, et al, 2017).

Diferentes formas, técnicas e materiais são empregadas na produção das células a fim de obter melhorias de alguns parâmetros de projeto como custo, eficiência ou propriedades físicas diversas. Existe uma grande variedade de células fotovoltaicas em estudo e desenvolvimento. O Quadro 01, apresentado abaixo, explicita a relação de eficiência de algumas dessas células presentes nos painéis fotovoltaicos.

Quadro 1. Comparação da Eficiência das Diversas Tecnologias de Células Fotovoltaicas

Material da célula fotovoltaica	Eficiência da célula em laboratório	Eficiência da célula comercial	Eficiência dos módulos comerciais
Silício monocristalino	24,7%	18%	14%
Silício policristalino	19,8%	15%	13%
Silício cristalino de filme fino	19,2%	9,5%	7,9%
Silício amorfo	13%	10,5%	7,5%
Silício micromorfo	12%	10,7%	9,1%
Célula solar híbrida	20,1%	17,3%	15,2%
Célula a Cobre, Índio, Gálio e Selênio	18,8%	14%	10%
Telureto de cádmio	16,4%	10%	9%

Fonte – Villalva & Grazoli, 2012.

Dentre essas células, apenas três têm representatividade comercial notável:

- Células de Silício Monocristalino: possuem maior rendimento, porém seu custo é mais elevado devido ao processo de fabricação;
- Células de Silício Policristalino: são constituídas por células de eficiência e custo intermediários;

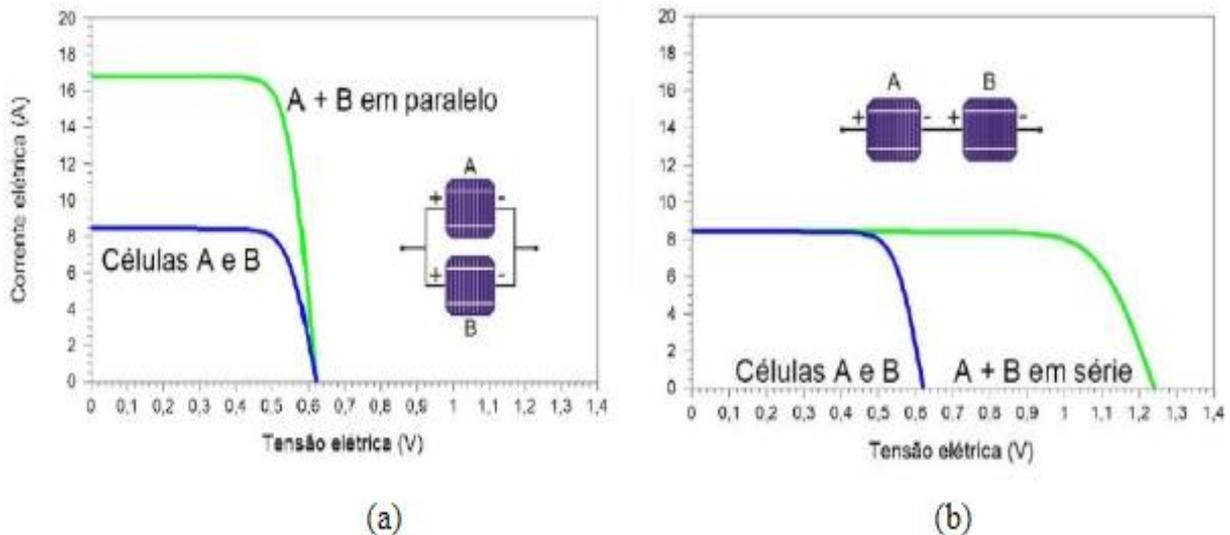


Citação (APA): Souza, C.M. de, Pereira, A.L., Baggieri, B.R.B., Magioni, M.G.L.K., Barbosa, I.O., Fardin, J.F., Fujiwara, L.N. & Encarnação, L.F. (2019). Desenvolvimento de um sistema fotovoltaico conectado à rede dos controladores semafóricos do município de Vila Velha-ES. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 5(4), 166-177.

- Células de Filme Fino: seu processo de fabricação consome menos energia, matéria prima e tem menor complexidade, facilitando a automação do processo e a produção em larga escala, resultando em custos ainda menores, porém, com uma eficiência menor.

Independentemente do tipo de célula, o painel é constituído pela associação dessas células a fim de aumentar sua capacidade de tensão e corrente. O painel também é constituído por uma estrutura mecânica que preserva a integridade das células que, por si só, são frágeis. Além disso, a estrutura fornece isolamento das condições atmosféricas, utiliza vidro antirreflexo e materiais que facilitam a limpeza para evitar deposição de partículas e manter a eficiência dos mesmos durante sua vida útil. Adicionalmente, esses painéis podem ser instalados em série ou em paralelo. A tensão total do arranjo em série é a soma da tensão de cada uma das células. Caso estas sejam idênticas, basta multiplicar o valor de tensão de uma célula pelo número total contido na placa. Já para a configuração em paralelo, o valor da tensão é idêntico para todas as células e o valor da intensidade da corrente total dá-se pela somatória total das correntes em cada ramo. Ambas configurações são apresentadas na Fig. 2 (Bahaidarah, et al, 2016).

Figura 2. Associação de Módulos (a) Módulos em Paralelo (b) Módulos em Série



Fonte – Pinho & Galdino, 2014.

### 2.3 SINALIZAÇÃO SEMAFÓRICA

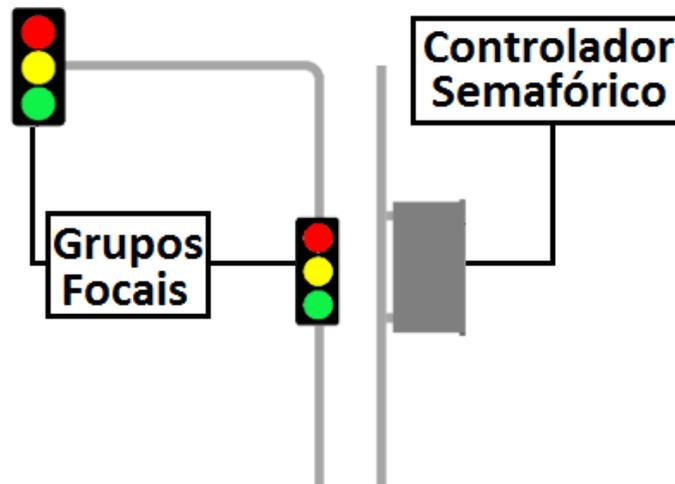
Os centros urbanos têm atraído cada vez mais veículos, sejam estes de transporte individual ou de transporte coletivo, provocando o comprometimento da mobilidade. Em razão da saturação dos principais pontos desenvolvidos, novos centros vão se formando, rumo às áreas mais acessíveis. Dessa forma, esse crescimento constante do tráfego pode ocasionar dificuldade dos veículos e/ou dos pedestres para entrar ou passar pela via principal, com conseqüente formação de filas, maiores demoras e, quase sempre, aumento da frequência de acidentes. Para controle dessas vias, faz-se necessário a utilização de equipamentos de controle de tráfego, como é o caso da sinalização semafórica, ou simplesmente semáforo



Citação (APA): Souza, C.M. de, Pereira, A.L., Baggieri, B.R.B., Magioni, M.G.L.K., Barbosa, I.O., Fardin, J.F., Fujiwara, L.N. & Encarnação, L.F. (2019). Desenvolvimento de um sistema fotovoltaico conectado à rede dos controladores semafóricos do município de Vila Velha-ES. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 5(4), 166-177.

(Borba & Christmann, 2013; Mendonça, 2016). A Fig. 3 indica a disposição do controlador semafórico em relação aos demais componentes.

Figura 3. Sinalizações semafóricas



Fonte – Elaborado pelos autores.

O semáforo pode ser visto como um conjunto de componentes que são instalados nos cruzamentos e que se objetivam em sinalizar, por meio de elementos luminosos, o direito de passagem de motoristas e pedestres. Os elementos que compõe esses dispositivos são: o controlador semafórico (que consiste em um equipamento eletrônico responsável pela temporização e chaveamento dos elementos luminosos), o grupo focal ou porta-focos (que é a estrutura que abriga as fontes luminosas responsáveis pela sinalização e podem ser de vários modelos, com subdivisões em tipos veiculares e pedestres), os cabos, tubulações e as colunas (que auxiliam na alimentação e sustentação do controlador semafórico de forma a permitir a comunicação do controlador com os demais componentes).

## METODOLOGIA

Os semáforos são instrumentos essenciais na manutenção da ordem no trânsito e serão os elementos principais de condução da pesquisa realizada neste trabalho. O papel deles é auxiliar motoristas e pedestres, principalmente em cruzamentos, promovendo fluidez. O mau funcionamento dos mesmos podem causar congestionamento e acidentes. Pensando na importância e no gasto obrigatório de energia, este trabalho propõe-se na realização de um estudo de viabilidade de painéis fotovoltaicos com a finalidade de diminuir custos com consumo de energia da concessionária, além da preocupação ambiental, visando à substituição dos meios tradicionais de geração de energia elétrica para estes componentes.

De maneira geral, a pesquisa pode ser considerada como um processo formal e sistemático de desenvolvimento do método científico, cujo objetivo fundamental é descobrir respostas para problemas mediante o emprego de procedimentos científicos. Quanto à natureza, a pesquisa pode ser classificada como pesquisa aplicada ou prática, pois busca gerar conhecimentos para aplicação prática e dirigidos à solução de problemas específicos (Gil, 2002).



Citação (APA): Souza, C.M. de, Pereira, A.L., Baggieri, B.R.B., Magioni, M.G.L.K., Barbosa, I.O., Fardin, J.F., Fujiwara, L.N. & Encarnação, L.F. (2019). Desenvolvimento de um sistema fotovoltaico conectado à rede dos controladores semafóricos do município de Vila Velha-ES. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 5(4), 166-177.

Os procedimentos metodológicos usados são baseados em uma abordagem qualitativa, de natureza aplicada, com um método científico indutivo e um objeto de estudo explicativo. Relativamente aos procedimentos técnicos de pesquisa, recorreu-se a pesquisa experimental (Gil, 2002). O objetivo da metodologia do problema consiste na obtenção de um plano de viabilidade da implantação de sistemas fotovoltaicos como elementos de alimentação dos controladores semafóricos. Para isso, a metodologia proposta segue os seguintes passos: Estudo do software *Sunny Design*; levantamento dos dados de consumo e caracterização da carga; escolha do gerador e posição do painel; escolha do inversor; e análise de resultados.

## DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

### 4.1 CARACTERIZAÇÃO DO CAMPO DE ESTUDO

A Região Metropolitana da Grande Vitória (RMGV) possui uma população de 1.960.203 de habitantes estimada em 2017 pelo IBGE, representando aproximadamente 49% da população do Estado. Dentre as cidades que compõe a RMGV, a cidade de Vila Velha está localizada na faixa litorânea deste Estado, na Latitude: -20.3305, Longitude: -40.2922 20° de Greenwich. Adicionalmente, Vila Velha está localizada em um ponto estratégico na Região Sudeste, pois está próxima dos principais centros econômicos do país. Atualmente, os semáforos da prefeitura de Vila Velha foram selecionados respeitando o disposto na Lei 8.666/93 (Brasil, 1993). No processo de licitação da Prefeitura Municipal de Vila Velha consta o pedido dos elementos estruturais listados a seguir:

- Interseções semaforizadas;
- Semáforos 3 x 300 lâmpadas de LED;
- Semáforos 4 x 300;
- Semáforos 3 x 200 lâmpadas de LED;
- Semáforos 4 x 200;
- Semáforos 2 x 200 (pedestres) lâmpada de LED;
- Semáforo gradativo bilateral de LED;
- Semáforo gradativo unilateral de LED;
- Controladores de tráfego Tesc Flexcon III – A;
- Controladores de tráfego Tesc Flexcon III 188.

Apesar de a licitação listar dois controladores, há uma tendência no município de interromper a utilização o controlador Flexcon III-A, pois a versão 188 é mais atual e permite mais fases. Nesse caso, o número de fases significa a quantidade de semáforos que o controlador conseguirá comandar. As especificações do controlador Tesc Flexcon III 188 são apresentadas a seguir (Newtesc, 2017):

- Fabricado em 3 tamanhos: 4, 8 e 12 fases;



Citação (APA): Souza, C.M. de, Pereira, A.L., Baggieri, B.R.B., Magioni, M.G.L.K., Barbosa, I.O., Fardin, J.F., Fujiwara, L.N. & Encarnação, L.F. (2019). Desenvolvimento de um sistema fotovoltaico conectado à rede dos controladores semafóricos do município de Vila Velha-ES. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 5(4), 166-177.

- Programador portátil;
- Opera em modo manual, intermitente, automático e central;
- Permite 4 entradas para detectores veiculares (opcional) ou de pedestres;
- Tensão de alimentação de 110/127/220/240 VCA +- 20% e frequência de 50/60 Hz;
- Capacidade nominal de 10A por fase, para 110 ou 220 V;
- Opcional: escolha de monitoração por fase das lâmpadas de vermelho e plano de emergência;
- Permite o uso de lâmpadas halógenas, incandescentes comuns e de LED's;
- Proteção dupla de circuitos por fusíveis;
- Gabinete em chapa de aço carbono, com pintura eletrostática.

#### 4.2 ASPECTOS DO PROJETO *SUNNY DESIGN*

A simulação será feita utilizando o software *Sunny Design*<sup>®</sup>, desenvolvido pela SMA Solar Technology AG, empresa alemã de equipamentos solares. O programa possui como finalidade o planejamento e dimensionamento de sistemas conectados e isolados. O *Sunny Design* permite obter, de forma otimizada, uma combinação entre os módulos Fotovoltaicos e os inversores para o sistema proposto, de acordo com quesitos econômicos ou, ainda, de acordo com os rendimentos energéticos do sistema. Além disso, as informações sobre os inversores e placas são atualizadas periodicamente, o que aumenta a confiabilidade da simulação.

Logo no início da caracterização do sistema é necessário informar a localização do projeto e a tensão no local da rede. O próprio programa possui, em seu banco de dados, informações como a radiação e temperaturas da localização e leva isso em consideração no dimensionamento.

#### 4.3 LEVANTAMENTO DOS DADOS DE CONSUMO E CARACTERIZAÇÃO DAS CARGAS

Essa etapa consistiu no mapeamento dos dados de consumo dos semáforos, ou mais especificamente, o consumo anual dos controladores. Em síntese, na caracterização das plantas, foram considerados para cálculo o consumo de 53 controladores, dessa forma foi possível fazer uma caracterização do perfil de carga. O software *Sunny Design* permite ajustar a quantidade de energia por hora, durante o dia.

Em todas as situações, o perfil de carga diário foi considerado o funcionamento dos semáforos de forma ininterrupta. Essa consideração é importante no estudo do consumo de energia, pois como o sistema é conectado e, portanto, não há armazenamento de energia, o tempo em que o semáforo funcionar sem a irradiação solar será onde haverá a maior quantidade de energia demandada da rede.



Citação (APA): Souza, C.M. de, Pereira, A.L., Baggieri, B.R.B., Magioni, M.G.L.K., Barbosa, I.O., Fardin, J.F., Fujiwara, L.N. & Encarnação, L.F. (2019). Desenvolvimento de um sistema fotovoltaico conectado à rede dos controladores semafóricos do município de Vila Velha-ES. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 5(4), 166-177.

#### 4.4 ESCOLHA DO PAINEL FOTOVOLTAICO E DO INVERSOR

Por se tratar de uma aquisição de um órgão público, o preço foi o fator essencial para escolha do painel. Dessa forma, o módulo fotovoltaico mais barato foi o modelo da Yingli Solar, seguidos pelos da *Canadian* e da *Axitec*. O tempo de garantia de 10 anos também foi um importante fator levado em consideração. O material escolhido para utilização foi o silício policristalino, que apesar de menos eficiente se comparado com as células monocristalinas, apresentam um custo menor. Considerando esses fatores, a escolha da potência do painel foi feita de acordo com a sugerida pelo próprio software, como mostrado na Fig. 4. Também, conforme recomendado, os módulos deverão estar direcionados ao norte, otimizando a incidência solar. Para isso, configura-se o azimute (ângulo entre a projeção dos raios solares no plano horizontal e a direção norte e sul) em 180°.

Figura 4. Modelo do Painel e Orientação das Placas



Nome	Fabricante / módulo fotovoltaico / electrónica de módulos	Número de módulos fotovoltaicos / potência de pico	Alinhamento / tipo de montagem
1 Gerador fotovoltaico 1	Yingli Green Energy Holding Co. Ltd. YL 250 P-29b (09/2013)	10 módulos fotovoltaicos 2,50 kWp	180 ° 20 °

Fonte – *Software Sunny Design*.

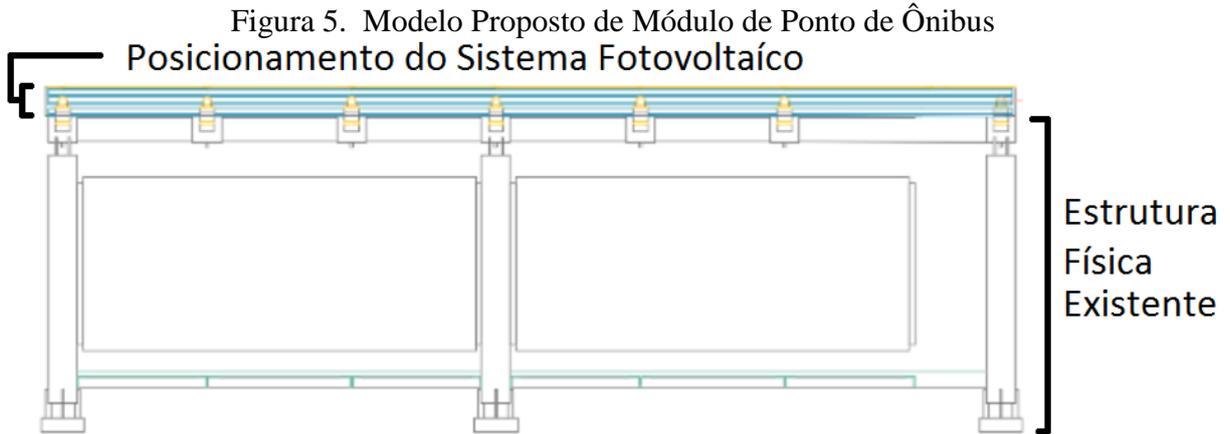
O *Sunny Design*, conforme exposto na Fig. 4, fornece o desempenho do sistema a seguir com o inversor escolhido, o módulo SB-1,5 é suficiente para atender toda a carga gerada. A quantidade de módulos e inversores, além dos modelos de cada um, respectivamente. Todos os componentes são homologados pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro).

#### 4.5 ESTRUTURA FINAL DO PROJETO

É importante ressaltar que além dos custos diretos, como instalação e compra dos módulos, há a necessidade de mensurar os gastos com as estruturas de sustentação das placas. Isso porque a questão espacial é uma grande problemática no município, o que pode elevar consideravelmente o valor final do projeto. Portanto, este trabalho propõe-se a instalação do sistema FV visando maximizar o aproveitamento do espaço ocupado por estruturas existentes e, conseqüentemente, reduzindo gastos com aluguéis ou arrendamentos. Como solução, foi idealizada a instalação de pontos extensos de ônibus, de acordo com a Fig. 5. Percebe-se que no lado esquerdo foi reservado um espaço para o inversor e parte do circuito necessário para o sistema.



Citação (APA): Souza, C.M. de, Pereira, A.L., Baggieri, B.R.B., Magioni, M.G.L.K., Barbosa, I.O., Fardin, J.F., Fujiwara, L.N. & Encarnação, L.F. (2019). Desenvolvimento de um sistema fotovoltaico conectado à rede dos controladores semafóricos do município de Vila Velha-ES. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 5(4), 166-177.



Fonte – Elaborado pelos autores.

Após o dimensionamento de todas as plantas consideradas, o *Sunny Design* fornece os valores gerados e consumidos pela rede, conforme mostrado na Fig. 6.

Figura 6. Informações Finais Após Escolha do Painel Inversor

Informações do projecto			
Quantidade total de módulos FV	10	Rácio de desempenho	84,9 %
Potência de pico	2,50 kWp	Rendimento energético espec.	1623 kWh/Wp
Número de inversores fotovoltaicos	1	Perdas em linha (em % de energia FV)	—
Potência nominal CA dos inversores fotovoltaicos	2,50 kW	Carga desequilibrada	2,50 kVA
Potência activa CA	2,50 kW	Consumo anual de energia	3,506 kWh
Relação de potência activa	100 %	Autoconsumo	1,443,12 kWh
Rendimento energético anual	4,056,30 kWh	Quota de autoconsumo	35,6 %
Factor de utilização da energia	100 %	Taxa de autonomia (em % do consumo de energia)	41,2 %

Fonte – *Software Sunny Design*.

## RESULTADOS

O cálculo final desconta 50 kWh do valor consumido utilizado para dimensionamento, pois esse é o valor mínimo a ser faturado para clientes bifásicos, devido a taxa de disponibilidade do sistema elétrico. O Quadro 2 apresentado abaixo descreve os ganhos energéticos pela implantação do projeto nas instalações analisadas.

Quadro 2. Quantitativo energético das instalações

Número da Instalação	Energia Consumida (kWh/ano)	Energia Gerada (kWh/ano)	Autoconsumo (kWh/ano)	Energia consumida da rede (kWh/ano)	Energia cedida à rede(kWh/ano)
144392	3506	4056,3	1443,12	2012,88	2613,18
1367837	2431	4056,3	1041,33	1339,67	3014,97
1365147	2732	4056,3	1156,98	1525,02	2899,32
1365162	2130	4056,3	923,27	1156,73	3133,03
1367836	3789	4056,3	1543,41	2195,59	2512,89
144388	2178	4056,3	942,29	1185,71	3114,01
1362643	2346	4056,3	1008,25	1287,75	3048,05
1362649	1109	3100,6	494,17	564,83	2606,43
144298	7330	4056,3	2615,66	4664,34	1440,64
144390	5426	4056,3	2078,71	3297,29	1977,59
1568556	2258	4056,3	973,1	1234,9	3083,2



Citação (APA): Souza, C.M. de, Pereira, A.L., Baggieri, B.R.B., Magioni, M.G.L.K., Barbosa, I.O., Fardin, J.F., Fujiwara, L.N. & Encarnação, L.F. (2019). Desenvolvimento de um sistema fotovoltaico conectado à rede dos controladores semafóricos do município de Vila Velha-ES. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 5(4), 166-177.

1568550	2162	4056,3	935,96	1176,04	3120,34
144419	2832	4056,3	1194,98	1587,02	2861,32
144420	3359	4056,3	1390,12	1918,88	2666,18
144424	1940	4056,3	847,22	1042,78	3209,08
144428	2741	4056,36	1160,41	1530,59	2895,95
144431	4308	4056,3	1720,92	2537,08	2335,38
851711	1577	3104,9	687,63	839,37	2417,27
1325467	1848	3146,3	794,36	1003,64	2351,94
1325491	2769	4056,3	1171,06	1547,94	2885,24
1325579	2049	4056,3	891	1108	3165,3
1325588	1576	3146,3	686,64	839,36	2459,66
1325591	1426	3146,3	625,79	750,21	2520,51
1325604	1659	3146,3	719,84	889,16	2426,46
1325736	1219	3146,3	540,34	628,66	2605,96
1325631	1849	3146,3	794,75	1004,25	2351,55
1325718	2543	4056,3	1084,65	1408,35	2971,65
1325720	3285	4056,3	1363,22	1871,78	2693,08
1325663	1609	4056,3	711,64	847,36	3344,66
1365078	2381	4056,3	1021,89	1309,11	3034,41
1362658	1874	4056,3	820,47	1003,53	3235,83
1325715	1206	3146,3	534,91	621,09	2611,39
1824924	1081	3146,3	482,23	548,77	2664,07
826436	4442	4056,3	1765,37	2626,63	2290,93
1826438	1328	3146,3	585,54	692,46	2560,76
1826440	4553	4056,3	1801,91	2701,09	2254,39
1826442	1698	4056,3	748,41	899,59	3307,89
1820020	1668	4056,3	736,04	881,96	3320,26
1807778	2556	4056,3	1089,66	1416,34	2966,64
1807770	2670	4056,3	1133,35	1486,65	2922,95
1807765	4755	4056,3	1867,79	2837,21	2188,51
1807760	3062	4056,3	1281,13	1730,87	2775,17
160174060	1316	3146,3	580,59	685,41	2565,71
160227286	2263	4056,3	975,78	1237,22	3080,52
1346698	2597	4056,3	1105,41	1441,59	2950,89
160226667	1024	3146,3	458,33	515,67	2687,97
160116132	2056	4056,3	893	1113	3163,3
160331187	2847	4056,3	1200,65	1596,35	2855,65
160331217	1922	4056,3	839,95	1032,05	3216,35

Fonte – Elaborado pelos autores.

Com a escolha dos módulos e do inversor, o programa calcula a quantidade de energia gerada, além daquela consumida na rede. Como o sistema não é isolado, à noite, quando não há



Citação (APA): Souza, C.M. de, Pereira, A.L., Baggieri, B.R.B., Magioni, M.G.L.K., Barbosa, I.O., Fardin, J.F., Fujiwara, L.N. & Encarnação, L.F. (2019). Desenvolvimento de um sistema fotovoltaico conectado à rede dos controladores semafóricos do município de Vila Velha-ES. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 5(4), 166-177.

geração de energia, ele perde autonomia e consome energia normalmente da rede, por esse motivo o Quadro 2 indicou o quantitativo de energia consumida da rede.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A sinalização semafórica serve de auxílio para os motoristas e pedestres de forma a promover a fluidez dos veículos no trânsito. Paralelo a isso, o consumo de energia por meio dos controladores semafóricos promove um custo adicional aos cofres públicos. Assim, o desenvolvimento de projetos que incluam eficiência e segurança energética, se faz útil para o aperfeiçoamento tecnológico e promove benefícios quanto a mobilidade urbana sustentável.

Entretanto, a restituição financeira dos projetos fotovoltaicos se dá a longo e médio prazo. Esse fator é determinante quando se trata de residência ou empresa privada. Porém, quando a requerente possui viés público e, conseqüentemente, atinge a população direta e indiretamente, esse termômetro não é o único a ser levado em consideração. Os municípios devem sempre prezar pelo bem-estar da população e também preocupar-se com o impacto ambiental das principais formas de geração de energia, a implementação de projetos de eficiência energética nos sistemas de transportes pode ser vista como um grande diferencial para o desenvolvimento de qualquer cidade.

Adicionalmente, o estado do Espírito Santo ainda aprovou a isenção da cobrança da taxa do Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS) sob a diferença dos valores excedentes, além dos impostos de origem federal, PIS e COFINS, que também não são mais cobrados. Dessa forma, com base nos resultados obtidos via simulação e considerando o cenário financeiro atual do Brasil, como passos futuros serão realizados os cálculos do valor de retorno para analisar a viabilidade econômica do projeto. Por fim, se faz necessário citar que a promoção das técnicas de eficiência energética, bem como todos os benefícios provenientes de sua implementação está diretamente ligada com os investimentos legais e incentivos que o governo de cada país adota para o desenvolvimento sustentável.

## REFERÊNCIAS

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. *Banco de Informações de Geração Capacidade de Geração do Brasil*. Retrieved Junho, 2018 from <http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>

ASPE - Agência Estadual de Serviços Públicos de Energia do Estado do Espírito Santo. (2013). *A energia solar no Espírito Santo - Tecnologias, aplicações e oportunidades*. Vitória - ES.

Bahaidarah, H.M.S, Baloch, A.A.B. & Gandhidasan, P. (2016). *Uniform cooling of photovoltaic panels: A review*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 57, 1520-1544.

Bezerra, B.S. (2007). *Semáforos: gestão técnica, percepção do desempenho, duração dos tempos*. Tese (Doutorado em Transportes) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

doi: 10.11606/T.18.2007.tde-18062007-093237. Acesso em: 8 jul. 2018.



Citação (APA): Souza, C.M. de, Pereira, A.L., Baggieri, B.R.B., Magioni, M.G.L.K., Barbosa, I.O., Fardin, J.F., Fujiwara, L.N. & Encarnação, L.F. (2019). Desenvolvimento de um sistema fotovoltaico conectado à rede dos controladores semafóricos do município de Vila Velha-ES. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 5(4), 166-177.

Borba, D.W. & Christmann, J. (2013). *Estudo do Impacto da Eficiência Energética em Semáforos e Análise da Viabilidade de Operação com Painéis Solares Fotovoltaicos*. 60 f. Dissertação (Eficiência Energética), UTFPR, Curitiba.

BRASIL. *Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993, com alterações da Lei 8883, de 08 de junho de 1994 e da Lei 9.648, de 27 de maio de 1998*. Regulamenta o art. 37, inciso XXI, da Constituição Federal, institui normas para licitações e contratos da Administração Pública e dá outras providências. Retrieved Junho, 2018 from [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/L8666cons.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L8666cons.htm)

EPIA - European Photovoltaic Industry Association. (2017). *Global Market Outlooks for photovoltaics 2017-2021*. European Photovoltaic Industry Association.

Fouad, M.M., Shihata, L.A. & Morgan, E.I. (2017). An integrated review of factors influencing the performance of photovoltaic panels. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 80, p. 1499-1511.

Gil, A. (2002). *Como elaborar Projetos de Pesquisa*. 4. ed. São Paulo: Atlas.

Mendonça, F.A.F. (2016). *Reestruturação De Redes de Transporte Coletivo a Partir da Identificação de Centralidades em Cidades de Médio Porte: Procedimento Metodológico e Definição de Diretrizes*. 129f. Dissertação (Mestrado em Projeto e Cidade), Universidade Federal de Goiás (UFG), Goiânia - GO.

Mukherjee, M., et al. (2017). *A Vision of IoT: Applications, Challenges, and Opportunities with Dehradun Perspective*. In: Proceeding of International Conference on Intelligent Communication, Control and Devices. Springer, Singapore. p. 553-559.

NEWTESC. *FLEXCON-III 188-4/8/12 Fases*. Retrieved Junho, 2018 from <http://newtesc.com.br/2017/01/16/flexcon-iii188-4812-fases/>

Pinho, J.T. & Galdino, M.A. (2014). (Org.). *Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos*. Rio de Janeiro: Cresesb. 530 p.

Ribeiro, A.E.D., Arouca, M.C. & Coelho, D.M. (2016). Electric energy generation from small-scale solar and wind power in Brazil: The influence of location, area and shape. *Renewable Energy*, 85, p. 554-563.

doi: 10.1016/j.renene.2015.06.071.

Soccol, F.Jr., et al. (2016). Desafios Para Implementação da Geração Distribuída de Energia no Brasil: Uma Revisão Integrativa da Literatura. *Brazilian Journal of Production Engineering-BJPE*, 2(3), 31-43.

Villalva, M.G. & Grazoli, J.R. (2012). *Energia Solar Fotovoltaica: conceitos e aplicações*. 1. ed. São Paulo: Editora Érica.

