

SIMULAÇÃO E ANÁLISE DO DESEMPENHO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO AUTÔNOMO: ESTUDO DE CASO VISANDO O DESENVOLVIMENTO DE UMA SALA SUSTENTÁVEL

Michelle Melo Cavalcante (IFBA) michellemelo.c@gmail.com
João Lucas de Souza Silva (IFBA) jlucas.silva@ifba.edu.br
Francisco Jadilson Santos Araújo (IFBA) franciscojadilson@gmail.com
Adailton Lucas Galindo Andrade (IFBA) lucas.galindo.pa@gmail.com
Danielle Bandeira de Mello Delgado (IFBA) mi.danielledelgado@gmail.com
Esdriane Cabral Viana (IFBA) esdriane@ifba.edu.br

Resumo: O presente trabalho visa a simulação e a análise do desempenho de um sistema fotovoltaico autônomo para suprimento energético de uma sala de aula sustentável no Instituto Federal da Bahia Campus de Paulo Afonso. A sala sustentável tem como finalidade o complemento educacional para estudantes do curso de engenharia elétrica e objetiva também promover o uso de tecnologias energéticas renováveis, com ênfase na energia solar, no contexto do desenvolvimento sustentável. Sendo assim, utilizou-se do software PVSize para dimensionamento da instalação e dos componentes do sistema fotovoltaico considerando o índice solarimétrico da região de Paulo Afonso e a inclinação da placa fotovoltaica disponibilizada pelo Centro de Referência para Energia Solar e Eólica. O sistema tem como características iniciais a tensão do projeto estabelecida em 24 V e a tensão de alimentação da instalação dos aparelhos de 127 V. Como resultado, obteve-se o dimensionamento, o comportamento energético e o desempenho global do sistema montado. Para mais, realizou-se um levantamento simplificado acerca da viabilidade técnica do projeto através do PVSize.

Palavras-chave: Sistema Fotovoltaico Autônomo, Desempenho, Sala Sustentável, Simulação.

SIMULATION AND ANALYSIS OF PERFORMANCE OF A AUTONOMOUS PHOTOVOLTAIC SYSTEMS: CASE STUDY AIMED AT THE DEVELOPMENT OF A SUSTAINABLE LIVING ROOM

Abstract: The present work simulation and analysis of the performance of an autonomous photovoltaic system for the energy supply of a sustainable classroom at the Federal Institute of Bahia Campus Paulo Afonso. Sustainable room is intended to complement the education of electrical engineering and promote the use of renewable energy technologies, with emphasis on solar energy in the context of sustainable development. Therefore, we used the PVSize software for sizing and installation of the components of the photovoltaic system considering the solarimetric index of the Paulo Afonso region and the slope of the photovoltaic plate provided by the Reference Center for Solar and Wind Energy. The system has the initial characteristics of stress established in design and installation 24V supply voltage of 127 V appliances. As a result, there was obtained the scaling, the energy performance and the overall performance of the mounted system. Further, there was a simplified survey about the technical feasibility of the project through the PVSize.

Keywords: Autonomous Photovoltaic Systems, Performance, Sustainable Living Room, Simulation.

1. INTRODUÇÃO

A energia elétrica sempre desempenhou um papel mundial de suma importância, seja para uso residencial, comercial ou industrial, pois se caracteriza como um insumo básico para o desenvolvimento econômico, tecnológico e social dos países. Porém, a cada dia, a necessidade e a dependência da eletricidade aumentam, assim como a preocupação de como suprir a crescente demanda de energia elétrica de maneira sustentável. Esse fato tem incentivado o investimento no desenvolvimento e/ou melhoramento tecnológico da geração de energia, aplicando fontes convencionais ou alternativas (ARAMIZU, 2010).

De acordo com Bronzatti e Neto (2008, p. 2), o Brasil, para compor o quadro de matriz energética, tem um enorme potencial nas fontes renováveis como a energia eólica e a solar.

Salienta ainda que apesar das energias renováveis serem até o momento pouco utilizadas, não há dúvidas quanto as suas eficiências em produzir energia não gerando impactos ao meio ambiente.

No caso do uso da energia solar, pesquisas feitas nos últimos dez anos resultaram no aumento da eficiência dos módulos e na diminuição considerável nos custos de produção, sinalizando boas perspectivas futuras, inclusive para aplicações de maior porte. Este futuro depende também do aumento das pressões mundiais para a utilização de fontes energéticas renováveis e limpas e a continuidade da linha de pensamento governamental dos países industrializados que buscam uma diversificação das fontes de suprimento energético (FADIGAS, 2012).

Vera (2004) ainda reforça que no grande grupo de projetos para fontes de energia renováveis no mundo, os sistemas fotovoltaicos apresentam-se como uma alternativa promissora, destacando-se sua alta confiabilidade, possibilidade de geração descentralizada o que dá a possibilidade de instalar o gerador junto à carga, caráter modular o que facilita a instalação e manutenção, ausência de resíduos, renovabilidade e, sob o ponto de vista econômico, uma tendência à diminuição dos preços com um aumento da eficiência.

Segundo Pinho e Galdino (2014), o maior mercado de módulos fotovoltaicos tem sido a Alemanha, seguida da Itália, sendo que, apenas na Europa, encontram-se instalados aproximadamente 74% da produção mundial. Em 2011, a energia elétrica produzida pelos sistemas fotovoltaicos correspondeu a 2% do consumo europeu, com destaque para a Itália, onde este número foi da ordem de 5%. Na última década, a potência instalada em sistemas fotovoltaicos nos países europeus somente foi menor que a instalada em centrais eólicas e a gás natural. Depois da Europa, os maiores mercados para sistemas fotovoltaicos estão no Japão e nos Estados Unidos. Vale ressaltar que, até 2012, a potência instalada acumulada global superou os 100 GWp, sendo 32,3 GWp na Alemanha e 16 GWp na Itália.

Desta forma, para se ter uma melhor noção da viabilidade da utilização da energia solar, a região mais ensolarada da Alemanha (país líder em incentivos e na utilização da energia solar) recebe um índice de radiação solar 40% menor que o índice da região menos ensolarada do Brasil. Além deste fato e de acordo com Costa et al. (2013), o Brasil, especialmente a região Nordeste, apresenta um dos maiores potenciais do mundo para produção de energia à partir da conversão fotovoltaica por estar dentre as melhores regiões em incidência de radiação solar do globo.

Conforme ressalta Takenaka (2010), o motivo do Brasil ser privilegiado em termos de insolação ocorre pelo mesmo possuir a maior parte do seu território localizada entre trópicos, sendo cortado pela linha do Equador. Desta forma, as piores condições de irradiação solar são ainda superiores aos melhores valores dos países nos quais a tecnologia solar fotovoltaica (FV) está mais consolidada, como na Alemanha e na Espanha.

Isto posto, o presente trabalho tem como objetivo a simulação e a análise do desempenho de um sistema fotovoltaico autônomo a partir de alguns equipamentos já disponíveis para a elaboração futura de uma sala de aula sustentável no Instituto Federal da Bahia Campus de Paulo Afonso. Tal sala tem como finalidade principal o complemento educacional para estudantes do curso de engenharia elétrica, não priorizando assim a economia com a energia elétrica, e objetiva também promover o uso de tecnologias energéticas renováveis, com ênfase na energia solar, no contexto do desenvolvimento sustentável. Para isso, o trabalho é organizado apresentando a metodologia utilizada para a simulação, os resultados obtidos com o modelo de sistema escolhido e, por fim, a conclusão do projeto e sua viabilidade em termos técnicos para uma possível elaboração da sala de aula sustentável.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O Instituto Federal da Bahia Campus de Paulo Afonso dispõe inicialmente de quatorze placas fotovoltaicas para início do projeto da Sala Sustentável. As quatorze placas são divididas em quatro grupos distinguidas de acordo com o modelo do módulo como apresentado na Tabela 1. Visto que não é possível a utilização de todas as placas ao mesmo tempo para o projeto, pois não é recomendável a mistura de painéis de diferentes potências ou tensões ou correntes em um mesmo sistema (SUNLAB POWER, 2016), optou-se por utilizar para a presente simulação o grupo de placas da marca PhotoWatt já disponível no software PVSize, isto é, o Grupo 4.

Tabela 1 – Grupos de placas fotovoltaicas disponíveis no IFBA.

| Grupo | Grupo 1 | Grupo 2 | Grupo 3 | Grupo 4 |
|----------------------------|----------------|------------------|----------|-----------|
| Quantidade | 04 | 04 | 02 | 04 |
| Marca | Golden Genesis | ASE America Inc. | Topsola | PhotoWatt |
| Modelo | PV-110E | ASE-50-AI/17 | TSM-160M | PWX 500 |
| Potência nominal por placa | 110 Wp | 50 Wp | 150 Wp | 50 Wp |

A placa solar PhotoWatt PWX 500 é apresentada na Figura 1-(A). Além da disponibilidade do módulo mencionado, mesmo que em pouca quantidade, a instituição de ensino possui também onze baterias Tudor 12TE45 de 45Ah, apresentada na Figura 1-(B), sendo a mesma a escolhida para a simulação. Através do levantamento de carga descrito na próxima seção, foi possível a escolha do inversor e do controlador de carga.

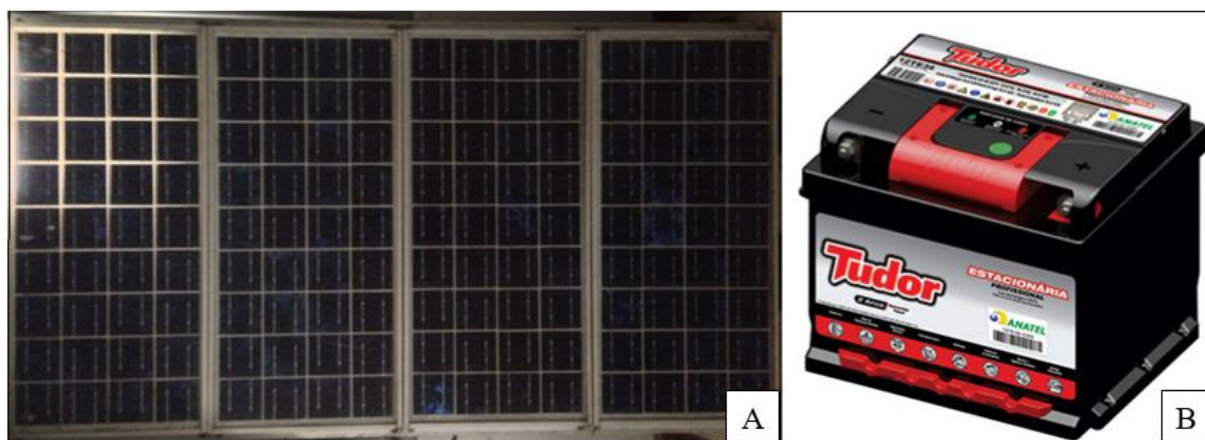


Figura 1 – (A) Módulo Fotovoltaico PhotoWatt PWX 500 e (B) Bateria Tudor 12TE45.

Para a realização e análise dos resultados da simulação utilizou-se o software PVSize. O programa é próprio para sistemas fotovoltaicos autônomos e faz parte do SOLARCAD (Conjunto de softwares para projetos com energia solar desenvolvidos pela UFRGS). O mesmo ajuda o usuário a dimensionar a instalação e os componentes de sistemas fotovoltaicos. Possui uma interface muito intuitiva como apresentado na Figura 2 e solicita ao projetista todos os dados da instalação de consumo e as características dos equipamentos disponíveis para a geração de energia elétrica. Como resultado de uma simulação horária simplificada, apresenta a quantidade de módulos, baterias e bitola mínima de condutores necessários.

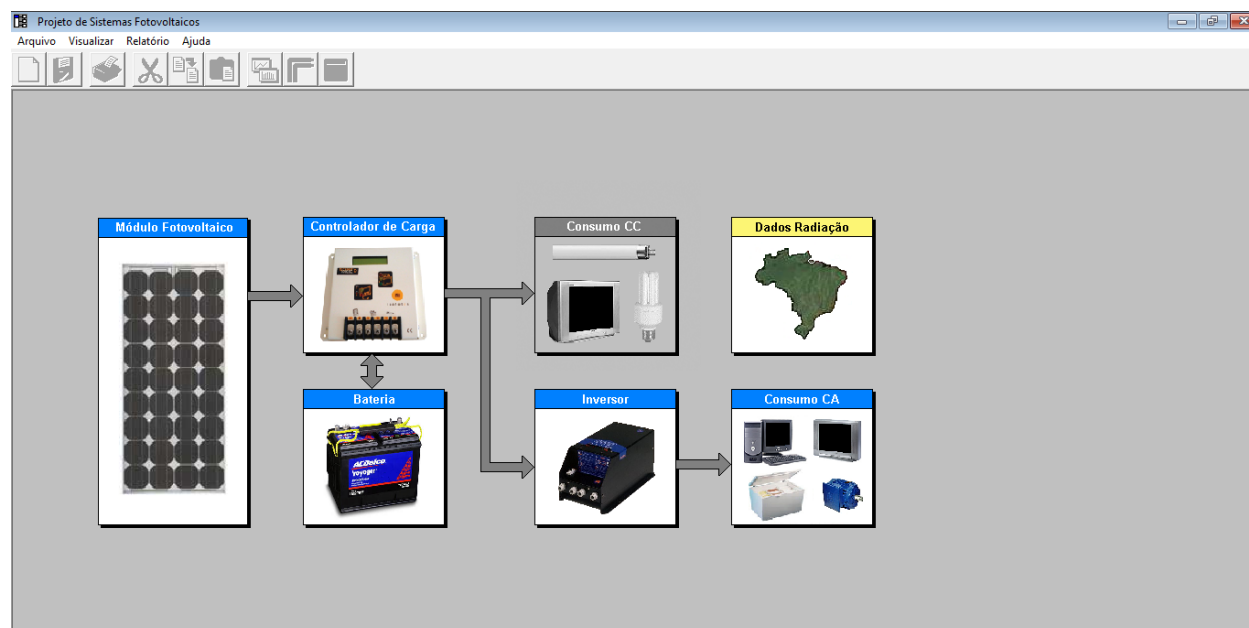


Figura 2 – Interface do software PVSizer.

Para um projeto satisfatório envolvendo sistema fotovoltaico é necessário ainda conhecer os índices de incidência de radiação solar na localidade onde o sistema será implantado, que neste caso, pode ser obtido pelo PVSizer através dos dados meteorológicos desenvolvido pelo Laboratório de Energia Solar da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Quanto a escolha da inclinação da placa fotovoltaica, a mesma depende da atividade fim da instalação e dos requisitos do projeto. Com o programa SunData do Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito (CRESESB) é possível ter três ângulos diferentes de instalação dos módulos solares: o ângulo igual a latitude, o ângulo que fornece o maior valor médio diário anual de irradiação solar e o ângulo que fornece o maior valor mínimo diário anual de irradiação solar. Em geral, o valor da latitude local é usado como ângulo de inclinação do módulo fotovoltaico. O ângulo com a maior média diária anual de irradiação solar costuma ser usada quando se deseja a maior geração anual de energia, o que seria o caso de aplicações de sistemas fotovoltaicos conectadas a rede de distribuição dentro do Sistema de Compensação de Energia, definido pela Resolução Normativa da Aneel nº 482/12. Já o ângulo com maior valor mínimo mensal de irradiação solar costuma ser uma medida conservadora, usado em situações onde o fornecimento contínuo de energia elétrica é crítico para atividade fim e por isso procura-se minimizar o risco de falta de energia (CRESESB, 2014). Para o presente caso, utilizou-se o ângulo com maior valor mínimo mensal de irradiação solar.

O tipo de simulação escolhido foi pelo método da corrente máxima do módulo. Nesse método considera-se que não é possível ter o aproveitamento máximo da energia solar, pois o sistema fotovoltaico não será equipado com o recurso de MPPT (rastreamento do ponto de máxima potência do módulo). Se fosse considerado tal recurso, o custo do projeto seria maior. Logo, como o objetivo do projeto é educacional e não propriamente uma geração de energia que englobe o sistema de forma sofisticada, optou-se por tal método.

É válido ressaltar que a sala irá contar com a presença de outros materiais que englobem o termo sustentabilidade como, por exemplo, lixeiras para coleta seletiva (principalmente com foco em materiais e produtos eletrônicos que os estudantes podem trazer para melhor descarte) e a possibilidade de aumento das janelas buscando melhor ventilação e aproveitamento da iluminação natural.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As características do sistema escolhido até então possui alimentação da instalação dos aparelhos de 127 V, tensão do projeto de 24 V, módulos PhotoWatt PWX 500 de 50 Wp cada e baterias Tudor 12TE45 de 45 Ah. A escolha dos módulos e da bateria, como já mencionado anteriormente, se deu em virtude da disponibilidade das mesmas, sendo que o IFBA conta com 4 módulos e 11 baterias dos modelos mencionados.

No que se segue, realizou-se o levantamento de carga da sala escolhida (sala 10). Tal sala possui uma área de 51,60 m² e é apresentada na Figura 3.

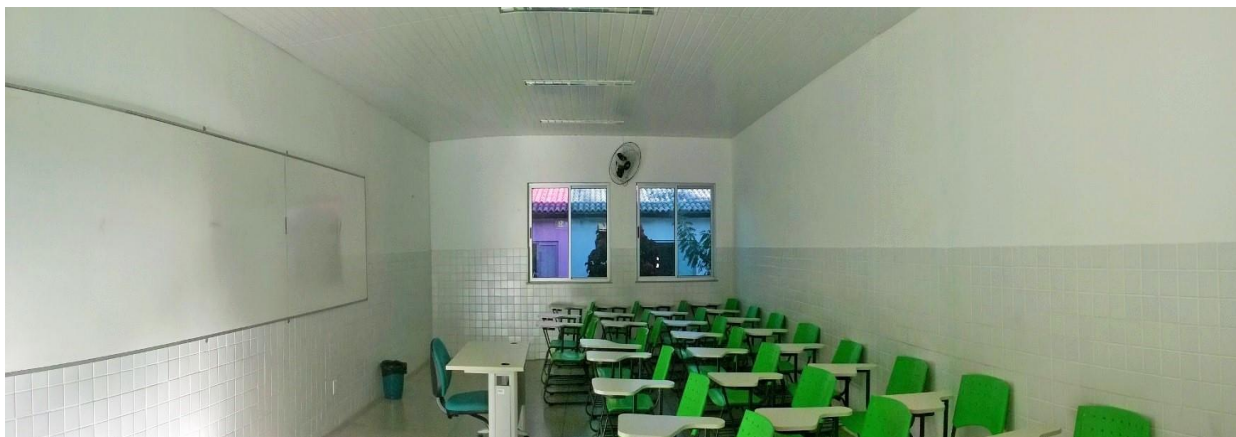


Figura 3 – Vista panorâmica da sala selecionada para a realização da simulação e possível implementação do sistema fotovoltaico.

A sala da Figura 3 possui dez lâmpadas de 32 W cada, dois ventiladores de 300 W cada e Tomadas de uso geral (TUG) de 250 W cada. O desenho do sistema montado no PVSize é apresentado na Figura 4.

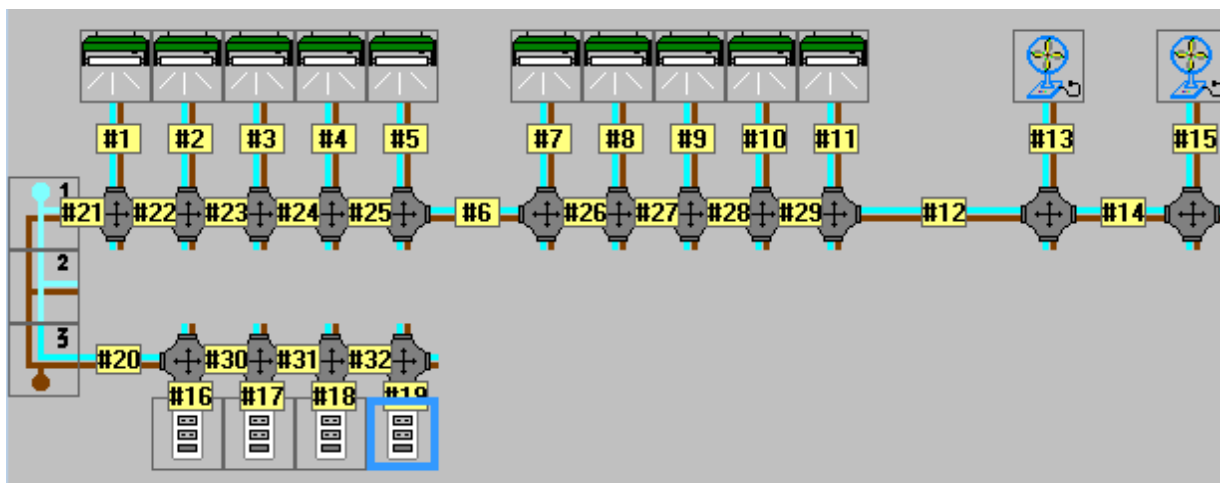


Figura 4 – Desenho do sistema no PVSize.

Considerou-se o uso das lâmpadas somente pela noite, isto é, 4 horas/dia; o ventilador, utilizado pela manhã e pela tarde, 8 horas/dia (nos turnos) e a tomada 3 horas/dia. Além disso, não se considerou o uso da sala nos dias de sábado e domingo. Tais dados podem ser visualizados Figura 5. Com isso, o consumo médio diário é de 8533,8Wh conforme apresenta a Figura 7.

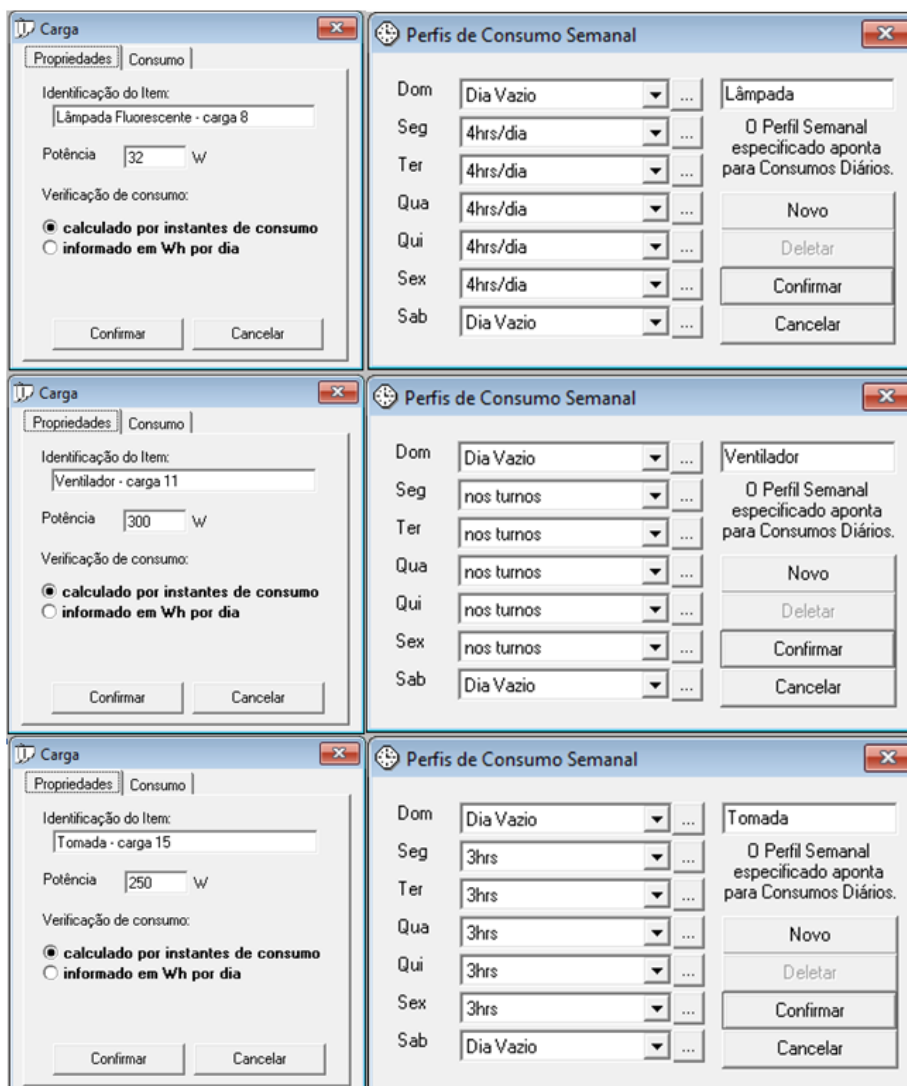


Figura 5 – Especificação da potência de cada carga e Perfis de consumo semanal no PVSize

Para a escolha do controlador de carga levou-se em consideração dois parâmetros: a tensão de operação e a corrente elétrica máxima fornecida pelos módulos. A corrente máxima fornecida pelo módulo é a corrente de curto-circuito na condição STC que vale 3,15A. Através de uma estimativa da quantidade de módulos fotovoltaicos por meio do método da corrente máxima do módulo, verifica-se uma estimativa de 34 módulos para atender a demanda diária da sala. Desta forma, e, considerando os conjuntos de módulos em paralelo, o produto da quantidade de módulos pela corrente de curto circuito resulta em uma corrente elétrica máxima de aproximadamente 82 A (fator de segurança de 30%). Optou-se, portanto, na escolha do regulador Atersa Leo 3 125 A / 24 V.

Quanto ao inversor, escolheu-se de acordo com as tensões de entrada e saída especificadas para o sistema e deve suportar a potência total dos aparelhos que serão alimentados. Portanto, adotou-se o inversor Carmanah GP-SW 2000 W / 24 V.

Para os dados de radiação do local do projeto mesclou-se dados obtidos pelo SunData do CRESESB e pelo PVSize. O software PVSize incorpora um gerador de dados meteorológicos desenvolvido pelo Laboratório de Energia Solar da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Para selecionar o município de Paulo Afonso, seleciona-se, primeiramente, o estado da Bahia e, em seguida, localiza-se o município conforme apresenta a Figura 6.

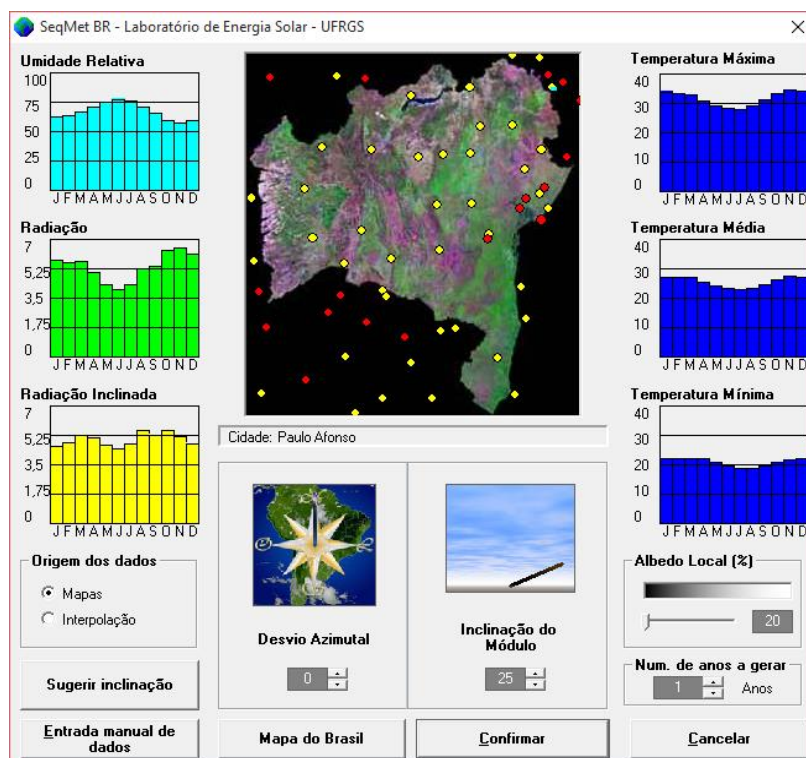


Figura 6 – Escolha do município de Paulo Afonso para a simulação do sistema fotovoltaico.

Os pontos amarelos que aparecem sobre o mapa mostram a posição geográfica de localidades das quais o banco de dados incorporado contém dados climáticos, em médias mensais de vários anos. Os dados climáticos utilizados para gerar seqüências de dados meteorológicos pelo software são, para cada mês: a temperatura média, média das temperaturas máximas diárias, média das temperaturas mínimas diárias, umidade relativa média, média da radiação solar diária horizontal.

Além dos cinco dados mencionados e mostrados através de gráficos de barras localizados nas laterais do mapa conforme Figura 6, a interface ainda possui um sexto gráfico que mostra a radiação inclinada, a qual é calculada em função dos dados inseridos para radiação horizontal e do valor dado para a inclinação dos módulos.

Para se conhecer a inclinação do módulo a ser utilizada, recorreu-se ao SunData. O mesmo recomenda que para sistemas Off-Grid, isto é, autônomos, deve-se escolher, como apresentado na Tabela 2, a linha com “Maior mínimo mensal”. Neste caso não se trabalha com a média anual, mas com o valor do pior mês desta linha, ou seja, é atribuído uma inclinação de 25°N.

Tabela 2 – Índice solarimétrico e inclinação do módulo fotovoltaico (CRESESB, 2014).

| Ângulo | Inclinação | Irradiação solar diária média mensal [KWh/m².d] | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|------------|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| | | Jan | Fev | Mar | Abr | Mai | Jun | Jul | Ago | Set | Out | Nov | Dez | Média |
| Plano Horizontal | 0° N | 5,78 | 5,67 | 5,69 | 5,03 | 4,36 | 4,06 | 4,31 | 5,25 | 5,44 | 6,36 | 6,50 | 6,17 | 5,38 |
| Ângulo igual a latitude | 9° N | 5,49 | 5,51 | 5,70 | 5,21 | 4,64 | 4,38 | 4,63 | 5,52 | 5,52 | 6,23 | 6,19 | 5,81 | 5,40 |
| Maior média anual | 6° N | 5,60 | 5,57 | 5,71 | 5,16 | 4,56 | 4,28 | 4,53 | 5,44 | 5,50 | 6,29 | 6,30 | 5,94 | 5,41 |
| Maior mínimo mensal | 25° N | 4,77 | 5,00 | 5,46 | 5,29 | 4,93 | 4,76 | 4,99 | 5,75 | 5,41 | 5,73 | 5,39 | 4,96 | 5,20 |

Com tais dados inseridos no software, tem-se o resultado do dimensionamento do sistema apresentado na Figura 7.



Figura 7 – Dimensionamento do sistema.

De acordo com a Figura 7, verifica-se uma quantidade de 34 módulos PhotoWatt PwX 500 e um total de 47 baterias Tudor 12TE45. Considerando o que o IFBA já dispõe, totaliza-se 30 módulos fotovoltaicos e 36 baterias dos modelos mencionados. Para mais, verificou-se algumas variáveis como apresentado na Tabela 3 a seguir.

Tabela 3 – Desempenho do sistema fotovoltaico autônomo dimensionado.

| Variáveis | Jan | Fev | Mar | Abr | Mai | Jun | Jul | Ago | Set | Out | Nov | Dez |
|--------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| LLP Energético [%] | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Energia Total Gerada [KWh] | 303,36 | 291,13 | 351,33 | 331,11 | 318,92 | 295,64 | 318,79 | 371,21 | 337,66 | 370,63 | 332,31 | 313,05 |
| Energia Excedente [KWh] | 60,87 | 67,99 | 107,3 | 109,66 | 70,45 | 70,93 | 77,64 | 134,62 | 104,66 | 147,86 | 91,16 | 67,87 |
| Demanda Não Atendida [%] | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Tempo com Consumo [h] | 744 | 672 | 744 | 720 | 744 | 720 | 744 | 744 | 720 | 744 | 720 | 744 |
| Tempo de Energia Excedente [h] | 98 | 91 | 125 | 142 | 93 | 89 | 102 | 159 | 129 | 184 | 109 | 106 |
| Horas de Falha no mês [h] | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Os dados da Tabela 3 podem ser melhores visualizados através do Comportamento Energético de cada mês apresentado na Figura 8. A mesma enfatiza a Energia Total gerada, a Energia excedente e a Demanda não atendida, todos em KWh.

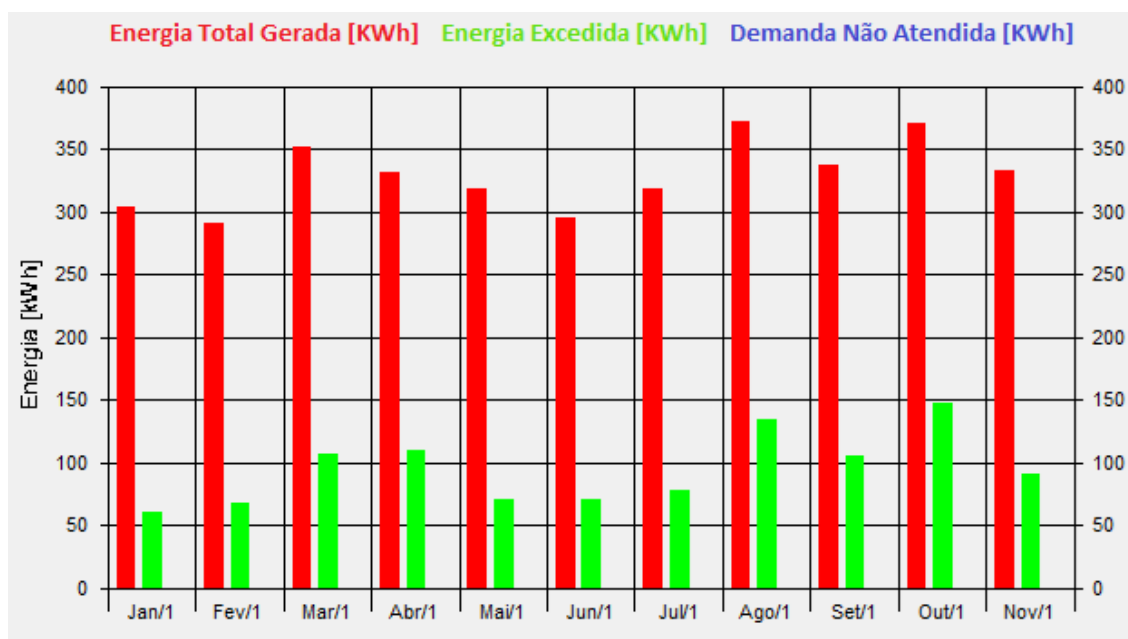


Figura 8 – Comportamento Energético mensal do sistema.

Através da Figura 8, verifica-se que toda a demanda de energia foi atendida. Na Figura 9, apresenta-se a média da Energia elétrica diária produzida para cada mês do ano em KWh/dia.

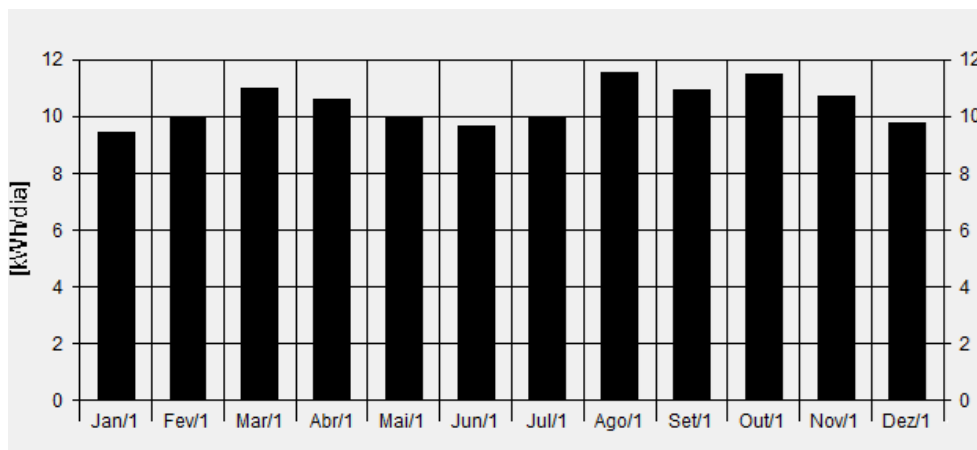


Figura 9 – Energia elétrica média diária produzida.

Pelas Figuras 8 e 9, observa-se que os meses com maior geração de energia elétrica são os meses de agosto e outubro. Os mesmos são os meses com maior irradiação solar diária média mensal como apresentado anteriormente na Tabela 2. O mês com menor geração de energia elétrica, que corresponde ao mês com menor irradiação solar diária, foi o mês de junho.

Com tal sistema dimensionado e através da Figura 10, constata-se um desempenho médio de 52,65%, sendo o mês com melhor desempenho o mês de junho, visto que, em um sistema fotovoltaico autônomo, como no presente caso, se dá ênfase ao mês com menor irradiação média diária.

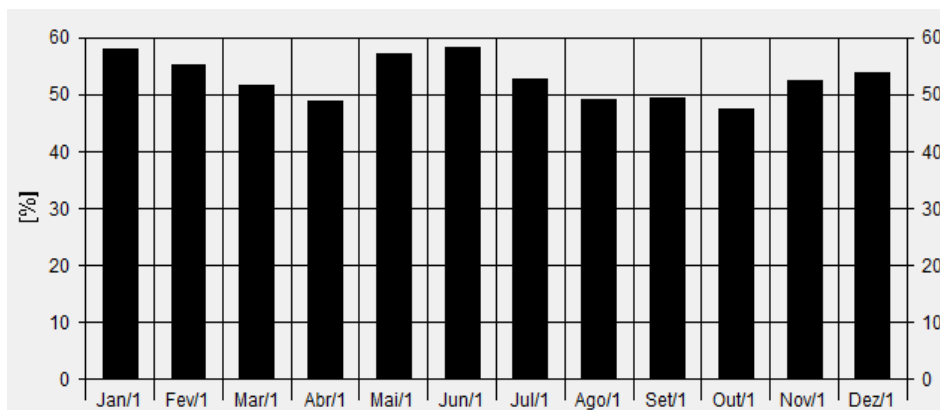


Figura 10 – Desempenho Global do Sistema.

No que diz respeito a viabilidade do projeto, é importante analisar os custos envolvidos. Através da Figura 11 é possível observar os custos iniciais e com os equipamentos, respectivamente, calculados a partir do PVSiz.

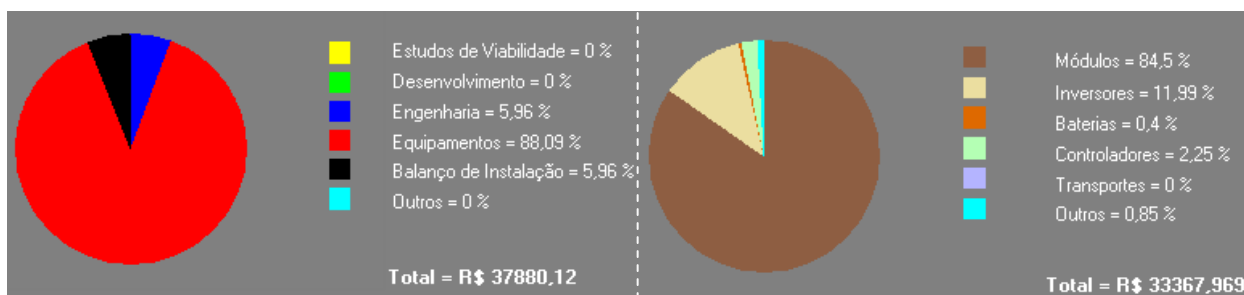


Figura 11 – Custos iniciais e custo dos equipamentos do projeto, respectivamente.

Com a Figura 11 verifica-se que o maior custo está com os equipamentos necessários para o funcionamento do sistema fotovoltaico isolado. Destes equipamentos, os módulos tem uma parcela significativa do valor total, representando quase 85% do custo de todos os equipamentos. Mas, como instituto de ensino dispões de quatro placas fotovoltaicas e onze baterias, o total do custo dos equipamentos cairia para aproximadamente vinte e oito mil reais.

Para se ter noção do tempo necessário para o retorno do investimento, se for considerado a economia de energia com a sala, o gráfico da Figura 12 apresenta o fluxo de caixa no decorrer de 25 anos que corresponde ao tempo estimado da vida útil dos módulos fotovoltaicos. Verifica-se, portanto, um tempo de 8 anos para que se recupere o valor mencionado do sistema e se passe a ter somente o lucro do projeto.

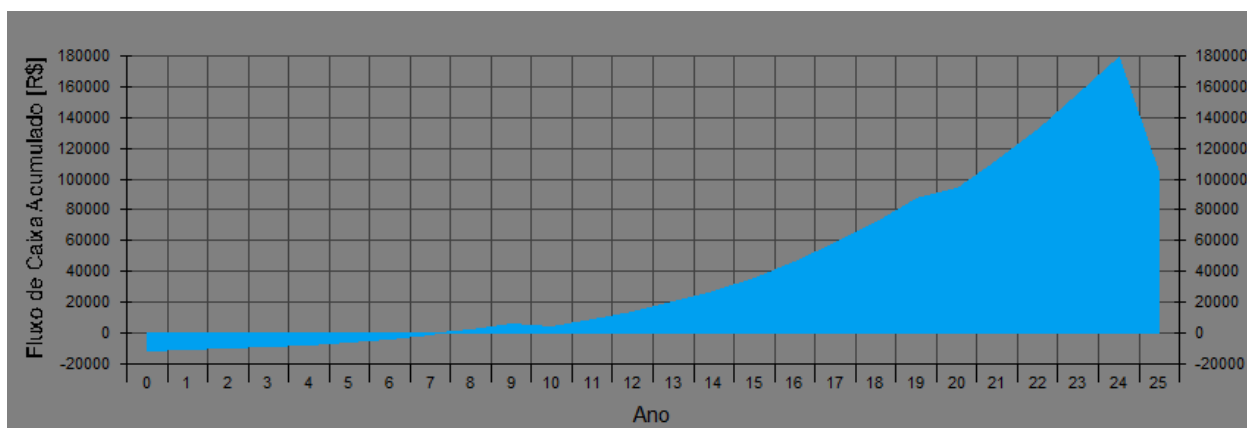


Figura 12 – Fluxo de caixa acumulado.

4. CONCLUSÕES

Com a intenção de desenvolver e elaborar uma sala de aula sustentável no Instituto Federal da Bahia Campus de Paulo Afonso para o complemento educacional de estudantes do curso de engenharia elétrica do próprio campus, não priorizando necessariamente a economia com a energia elétrica, e objetivando também promover o uso de tecnologias energéticas renováveis, com ênfase na energia solar, no contexto do desenvolvimento sustentável, realizou-se uma simulação e avaliou-se o desempenho de um sistema fotovoltaico autônomo.

A organização dimensionamento do sistema e compôs 34 módulos fotovoltaicos PhotoWatt PWX 500 de 50Wp, 47 baterias Tudor 12TE45 de 45Ah, um Controlador de carga Atersa Leo3 125 A / 24 V e um Inversor Carmanah GP-SW 2000 W / 24 V. Considerando o material disponível no instituto de ensino, seriam necessário 30 módulos e 36 baterias dos modelos mencionados. Com tal sistema seria possível gerar 3,6 MWh em um ano e leva em consideração que toda a demanda energética é atendida.

O comportamento do sistema levando em conta sua eficiência, apresentou um desempenho médio de 52,65%. Acredita-se que tal fato pode ser justificado pelo sistema fotovoltaico não ser equipado com o recurso de MPPT (rastreamento do ponto de máxima potência do módulo).

Outro ponto importante leva em consideração a viabilidade do projeto. O mesmo apresentou um custo elevado para o objetivo proposto, mesmo que com alguns equipamentos já pertencentes ao Instituto Federal da Bahia Campus de Paulo Afonso.

Tais resultados obtidos fazem parte de um desenvolvimento parcial do projeto. Portanto, como trabalhos futuros pretende-se melhorar a viabilidade do projeto procurando avaliar e dimensionar o sistema com outros equipamentos incluindo ou não as placas e as baterias disponibilizadas pelo IFBA. Além disso, verificar-se-á, por exemplo, a viabilidade de substituição das lâmpadas da sala por lâmpadas de LED e no aumento das janelas para melhorar a ventilação do ambiente e aproveitamento da luz natural. Para mais, pretende-se simular o sistema fotovoltaico autônomo tendo como carga apenas a iluminação da sala. Desta forma, comparar-se-á os modelos dimensionados indo de encontro com a forma mais viável possível para o sistema levando em consideração que o objetivo do projeto é educacional e não o suprimento energético total da sala determinanda.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB) e ao Instituto Federal da Bahia (IFBA) pela concessão da bolsa de Iniciação Científica e pela concessão da bolsa de estudo, respectivamente. Agradecem também aos grupos de pesquisa do Instituto Federal da Bahia campus Paulo Afonso, sendo eles o Grupo de pesquisa Meio Ambiente e Energia e ao Grupo de Pesquisas e Ensino de Ciências (GPEC), na qual estão atuando em conjunto para buscar soluções e incentivos para o desenvolvimento do dado projeto.

REFERÊNCIAS

ARAMIZU, J. *Modelagem e Análise de desempenho de um Sistema Fotovoltaico em operação isolada e em paralelo com uma rede de distribuição de Energia Elétrica.* 2010. Trabalho de Conclusão de Curso. Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2010.

BOYLE, G. *Renewable Energy: Power for a sustainable future.* Oxford University Press, 2004.

BRONZATTI, F.; NETO, A.I. *Matrizes energéticas no Brasil: Cenário 2010-2030*. In: XVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção: A integração de cadeias produtivas com a abordagem da manufatura sustentável, Rio de Janeiro, 2008. Disponível em http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2008_TN_STO_077_541_11890.pdf. Acesso em 17/01/2015.

CENTRO DE REFERÊNCIA PARA ENERGIA SOLAR E EÓLICA. *Sundata: Potencial Solar*. Disponível em <http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=sundata&>. Acesso em 30/09/2015.

COSTA, C. et al. *Energia solar fotovoltaica como fonte de geração de energia complementar na indústria paraibana: um estudo de caso*. In: XIV Encontro de Extensão, João Pessoa, 2013.

FADIGAS, E. *Energia Solar Fotovoltaica: Fundamentos, Conversão e Viabilidade técnico-econômica*. Grupo de Energia Escola Politécnica Universidade de São Paulo. 2012.

FADIGAS, E. *Dimensionamento de fontes fotovoltaicas e eólicas com base no índice de perda de suprimento e sua aplicação para atendimento à localidades isoladas*. Dissertação de Mestrado. Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993, 162p.

FARRETE, F.; SIMÕES, M. G. *Integration of alternative sources of energy*. IEE Science, Wiley Interscience, 2006.

FONTES, F.; BASTOS, P.R. *A experiência com geração fotovoltaica no Estado da Bahia*. In: IV Simpósio Brasileiro de Sistemas Elétricos (SBSE), São Paulo, 2012. Disponível em <http://www.swge.inf.br/anais/sbse2012/PDFS/ARTIGOS/95911.PDF>. Acesso em 28/01/2016.

HINRICHS, R.; KLEINBACH, M. *Energia e meio ambiente*. Cengage, 2010.

KEYHANE, A.; MARWALI, M. N.; DAI, M. *Integration of green and renewable energy in electric power systems*. Wiley, 2010.

KRENZINGER, A. *SolarCad: Sistema de Simulação de Instalações de energia Solar*. Revista da Escola de Engenharia, v.25, p.15-21, 1997.

LIMA, T. *Proposta de geração de energia solar fotovoltaica para o campus salvador - IFBA "Projeto SOLidário"*. 2012. Trabalho de Conclusão de Curso. Instituto Federal da Bahia, Salvador, 2012.

_____. NBR IEC 60364: *Instalação de sistemas fotovoltaicos*. Rio de Janeiro, 2012.

LABORATÓRIO DE ENERGIA SOLAR. *PVSize*. Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Disponível em <http://www.solar.ufrgs.br/#softwares>. Acesso em 21/11/2015.

PELÁGIO, P.; PIMENTEL, S.P.; DOMINGOS, J.L. *Análise da viabilidade técnica para implantação de painéis fotovoltaicos no Câmpus Goiânia do IFG*. In: V Simpósio Brasileiro de Sistemas Elétricos (SBSE), Foz do Iguaçu, 2014. Disponível em <http://www.sbse.org.br/anais/PDF/SBSE2014-0249.pdf>. Acesso em 26/01/2016.

PINHO, J.; GALDINO, M.A. *Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos*. In: Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Salvo Brito, Rio de Janeiro, 2014. Disponível

em http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Manual_de_Engenharia_FV_2014.pdf. Acesso em 09/09/2015.

SUNLAB POWER. *Dimensionamento de Sistema Solar Autônomo (Off-Grid)*. Disponível em http://www.sunlab.com.br/Dimensionamento_solar_fotovoltaico.htm. Acesso em 06/01/2016

TAKENAKA, F. *Avaliação do potencial de geração de energia solar fotovoltaica na cobertura das edificações do Câmpus I – CEFET-MG, interligado à rede elétrica. Dissertação de mestrado. Programa de PósGraduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010, 118p.*

VERA, L. *Programa computacional para dimensionamento e simulação de sistemas fotovoltaicos autônomos. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco – Centro de Informática. Recife, Pernambuco. Brasil.*

VILLALVA, M.; GAZOLI, J.R. *Energia Solar Fotovoltaica: Conceitos e Aplicações. São Paulo: Érica, p.224, 2012.*