



Universidade Federal de Campina Grande
Centro de Engenharia Elétrica e Informática
Departamento de Engenharia Elétrica



Francisco Luiz de Oliveira Júnior

Relatório de Estágio Supervisionado

Campina Grande, Paraíba
dezembro de 2013

Francisco Luiz de Oliveira Júnior

Relatório de Estágio Supervisionado

Relatório de Estágio Supervisionado submetido à Unidade Acadêmica de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Bacharel em Ciências no Domínio da Engenharia Elétrica.

Área de Concentração: Energias Renováveis

Orientador:

Prof. M. Sc. Leimar de Oliveira

Campina Grande, Paraíba

dezembro de 2013

Francisco Luiz de Oliveira Júnior

Relatório de Estágio Supervisionado

Relatório de Estágio Supervisionado submetido à Unidade Acadêmica de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Bacharel em Ciências no Domínio da Engenharia Elétrica.

Área de Concentração: Energias Renováveis

Aprovado em: 11/12/2013.

Professor George Rossany Solaris de Lira, Dr.
Universidade Federal de Campina Grande
Avaliador

Professor Leimar de Oliveira, M. Sc.
Universidade Federal de Campina Grande
Orientador, UFCG

Dedico este trabalho aos meus pais que me fizeram acreditar na realização dos meus sonhos e me apoiaram nos momentos difíceis.

E à minha amada, Gabryelle Keith Avelino Cruz, que com ternura e devoção me fez compreender que o amanhã é possível.

Agradecimentos

A realização deste trabalho resultou do alinhamento de esforços do autor e de inúmeros companheiros que, não obstante os seus numerosos afazeres do dia a dia, de ordem familiar, profissional, social e acadêmica, deixaram marcas importantes ao longo das páginas que se seguem, tudo somando para a construção final. Dada a impossibilidade de elencarmos todos os colaboradores, são citadas pessoas mais próximas, em nome das quais saudamos e agradecemos todos os demais colaboradores.

Assim, expresso a minha gratidão ao Professor M. Sc. Leimar de Oliveira que, ao longo de toda a trajetória, sempre esteve a iluminar o caminho seguro para o desenvolvimento deste trabalho, colocando o seu cabedal de conhecimento ao nosso dispor, para dali extrairmos dados e informações que instruíram a execução deste trabalho. A esse professor e amigo, a minha eterna gratidão.

Expresso gratidão especial para Maria Betânia Leal de Oliveira, Doutora em Meteorologia e irmã consanguínea, que abdicou em muitas oportunidades do exercício de suas atividades naturais para argumentar e contra-argumentar o teor versado neste trabalho, e indicando construções mais coerentes e mais substantivas, de forma que o resultado ficou mais enriquecido, mais nobre.

Gratidão especial, robustecida de muito amor e carinho, para Gabryelle Keith Avelino Cruz que, do alto de sua paciência e compreensão, sempre esteve ao meu lado, insistentemente apoiando e estimulando para continuar firme em direção à conclusão do presente trabalho.

No percurso da vida acadêmica encontrei pessoas que passaram a fazer parte da minha vida, tamanho o impacto positivo que essas pessoas deixaram impregnados. O colaborador do SENAI, supervisor e Engenheiro Newmark Heiner Cunha Carvalho, foi uma dessas pessoas que, apesar do curto lapso de tempo do nosso conhecimento, deixa marcas visíveis na memória como se o nosso conhecimento tivesse sido desenhado por várias décadas.

Na mesma linha, deixo registrada a minha gratidão aos companheiros Izaac Amorim e Thiago Lira, colaboradores da Casa Ecoeficiente do SENAI que, apesar do pouco tempo de convívio, restou construída uma grande amizade.

As gratidões registradas são, como pontuado no início, extensivas a todas as pessoas que, de forma direta ou indireta, contribuíram para a minha caminhada. Abraços a todos.

Resumo

O aluno Francisco Luiz de Oliveira Júnior cumpriu estágio curricular no Centro de Inovação e Tecnologia Industrial do Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI- CITI) de Campina Grande, PB, no período de 15 de julho de 2013 a 15 de dezembro de 2013, com a supervisão local do Engenheiro Newmark Heiner Cunha Carvalho e orientação acadêmica do Professor M. Sc. Leimar de Oliveira. As atividades foram desenvolvidas no âmbito da Casa Ecoeficiente, na área de energias renováveis, nomeadamente energia solar fotovoltaica, que consistiram na elaboração de sistemas fotovoltaicos autônomos para aprimoramento dos recursos utilizados na Casa; criação de planilhas para auxiliar na elaboração de propostas para serviços de consultoria, visando sempre a sustentabilidade ambiental na exploração de fontes com baixa emissão de carbono; e participação na implementação de um sistema conectado à rede, para compensação de energia elétrica no setor de acordo a Resolução nº482 publicada pela ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) em 2012.

Palavras-chave: Energias renováveis, SENAI-CITI, Casa Ecoeficiente.

Abstract

The student Francisco Luiz de Oliveira Junior performed curricular training in Center of Industrial Innovation and Technology of the National Industrial Apprenticeship Service (SENAI - CITI) in Campina Grande city, PB, during the period from July 15, 2013 to December 15, 2013, with local supervision of Engineer Newmark Heiner Cunha Carvalho and academic supervision of Professor M. Sc. Leimar de Oliveira. The activities were developed in framework of the Ecoefficient House in renewable energy area related to solar photovoltaic energy. The activities consisted in the development of autonomous photovoltaic systems for enhancing the features used in the House; creating spreadsheets to assist in developing proposals for consulting services always aiming at environmental sustainability in the exploitation of sources with low carbon emissions; and participation in the implementation of a system connected to the network, to compensation the electricity in sector according to Resolution N° 482 published by ANEEL in 2012.

Keywords: Renewable Energy, SENAI-CITI, Ecoefficient House.

Lista de Figuras

| | | |
|------------|--|----|
| Figura 1. | Casa Ecoeficiente do SENAI-CITI. Fonte: Arquivo pessoal. | 3 |
| Figura 2. | Estrutura básica de uma célula fotovoltaica. Fonte: www.profelectro.info..... | 6 |
| Figura 3. | (a) Lingote de silício monocristalino; (b) Célula fotovoltaica de silício monocristalino. Fonte: Bosch Solar Energy AG..... | 7 |
| Figura 4. | Célula fotovoltaica de silício policristalino. Fonte: Bosch Solar Energy AG..... | 7 |
| Figura 5. | Célula fotovoltaica de silício amorfo. Fonte: ecovolts.webnode.pt. | 8 |
| Figura 6. | Componentes de um módulo fotovoltaico. Fonte: Bosch Solar Energy AG..... | 9 |
| Figura 7. | Curvas características: corrente x tensão (a) e potência x tensão (b) de um módulo fotovoltaico. Fonte: Villalva e Gazoli (2012).. | 10 |
| Figura 8. | Sistema de energia solar fotovoltaica autônomo. Fonte: www.neosolar.com.br..... | 11 |
| Figura 9. | Componentes de um sistema fotovoltaico autônomo. Fonte: www.techbay.eng.br. | 12 |
| Figura 10. | Sistema de energia solar fotovoltaica conectado à rede. Fonte: www.neosolar.com.br..... | 13 |
| Figura 11. | Componentes de um sistema fotovoltaico conectado à rede. Fonte: www.techbay.eng.br. | 14 |

| | |
|---|----|
| Figura 12. Coletores solares térmicos para o aquecimento de água instalados no telhado de uma residência. Fonte: www.merkasol.com . | 15 |
| Figura 13. (a) Placa solar fotovoltaica; (b) Bateria; (c) Eletroválvula; (d) Ligação entre o controlador de carga (1), Módulo de acionamento (2) e Inversor 12/220 V (3). Fonte: Arquivo pessoal. | 17 |
| Figura 14. Esquema básico do sistema de irrigação com acionamento remoto desenvolvido no SENAI-CITI. Fonte: SENAI. | 18 |
| Figura 15. (a) Módulos fotovoltaicos do tipo amorfo utilizado para geração de energia; (b) Parâmetros do módulo fotovoltaico utilizado. Fonte: Arquivo pessoal. | 21 |
| Figura 16. (a) Inversor fotovoltaico SUNNY BOY 3800; (b) Interior do inversor, com destaque na comunicação serial. Fonte: Arquivo pessoal. | 21 |
| Figura 17. (a) Sistema de irrigação exposto; (b) Aspersores utilizados no sistema. Fonte: Arquivo pessoal. | 23 |
| ANEXO | |
| Figura A1. Laboratório de Energia Solar. | 29 |
| Figura A2. Sala de instalações prediais. | 29 |
| Figura A3. Banco de baterias. | 29 |
| Figura A4. Cozinha | 29 |
| Figura A5. Auditório. | 29 |
| Figura A6. Sala de controle | 29 |
| Figura A7. Lateral da casa ecoeficiente. | 30 |
| Figura A8. Praça do saber. | 30 |
| Figura A9. Miniestação de tratamento de água | 30 |
| Figura A10. Reservatórios de água. | 30 |

Lista de Siglas

| | |
|-------------|---|
| ANEEL | Agência Nacional de Energia Elétrica |
| CITI | Centro de Inovação e Tecnologia Industrial |
| LED | Light Emitting Diode |
| MPPT | Maximum Power Point Tracking |
| SENAI | Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial |
| UFCG | Universidade Federal de Campina Grande |
| USB | Universal Serial Bus |

Sumário

| | |
|--|----|
| 1. Introdução..... | 1 |
| 1.1. Objetivos do Estágio. | 1 |
| 1.2. SENAI..... | 1 |
| 1.2.1. SENAI- CITI..... | 2 |
| 1.2.2. Casa Ecoeficiente..... | 2 |
| 1.3. Organização do Relatório..... | 3 |
| 2. Embasamento teórico | 4 |
| 2.1. Fontes alternativas de energia | 4 |
| 2.2. Energia Solar | 5 |
| 2.2.1. Energia Solar Fotovoltaica..... | 5 |
| 2.2.1.1. Tipos de Sistemas Fotovoltaicos..... | 10 |
| 2.2.2. Energia Solar Térmica..... | 14 |
| 3. Atividades desenvolvidas..... | 16 |
| 3.1. Montagem de um sistema de irrigação com acionamento remoto, alimentado por placa solar fotovoltaica..... | 16 |
| 3.2. Participação na Elaboração de Propostas de Consultoria..... | 18 |
| 3.2.1. Dimensionamento de sistemas fotovoltaicos isolados e conectados à rede..... | 18 |
| 3.2.2. Análise da viabilidade de substituição de luminárias com lâmpadas de vapor por luminárias com tecnologia LED..... | 19 |
| 3.2.3. Dimensionamento de sistemas de aquecimento solar para piscinas..... | 20 |
| 3.3. Configuração de um inversor para instalação de um sistema fotovoltaico conectado à rede na Casa Ecoeficiente | 20 |
| 4. Resultados..... | 22 |
| 4.1. Montagem de um sistema de irrigação com acionamento remoto, alimentado por placa solar fotovoltaica | 22 |
| 4.2. Participação na Elaboração de Propostas de Consultoria..... | 22 |

| | |
|---|----|
| 4.3. Configuração de um inversor para instalação de um sistema fotovoltaico conectado à rede na Casa Ecoeficiente | 23 |
| 5. Conclusão. | 24 |
| 6. Referências Bibliográficas..... | 26 |
| ANEXO 1. Planilha para dimensionamento de um sistema fotovoltaico..... | 27 |
| ANEXO 2. Planilha para o cálculo de payback para substituição de luminárias comuns pela de tecnologia LED | 28 |
| ANEXO 3. Instalações da Casa Ecoeficiente. | 29 |

1. Introdução

Este relatório tem como finalidade a apresentação das atividades desenvolvidas durante estágio supervisionado realizado pelo aluno do curso de Bacharelado em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande, Francisco Luiz de Oliveira Júnior, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Bacharel em Ciências no Domínio da Engenharia Elétrica.

O estágio foi realizado no período de 15 de julho de 2013 a 06 de dezembro de 2013, no Centro de Inovação e Tecnologia Industrial do Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI- CITI) de Campina Grande, PB, situado na Av. Assis Chateaubriand, nº 4585 - Distrito Industrial, onde foi cumprida uma carga horária de 4h/diárias, perfazendo um total de 480 horas. O aluno contou com a supervisão local do Engenheiro Newmark Heiner Cunha Carvalho, e orientação acadêmica do Professor M. Sc. Leimar de Oliveira.

As principais atividades desenvolvidas durante a execução do estágio tiveram embasamento no ramo de energias renováveis, acompanhando ou assessorando as atividades na Casa Ecoeficiente e em outros setores do CITI, bem como auxiliando na criação de planilhas para instruir elaboração de propostas para serviço de consultoria.

1.1. Objetivos do Estágio

O estágio supervisionado teve como objetivo complementar a formação acadêmica no ramo de energias renováveis, possibilitando assim a integração entre teoria e prática através da experiência profissional adquirida nas 480 horas de trabalho cumpridas.

1.2. SENAI

O SENAI é uma das mais importantes instituições de Educação Profissional do país, atuando na geração e difusão de conhecimento aplicado ao desenvolvimento industrial, por meio da formação de recursos humanos e da prestação de serviços como assistência técnica e tecnológica, serviços de laboratório, pesquisa aplicada e informação tecnológica.

O SENAI de Campina Grande, PB, é composto por um Centro de Educação Profissional: o Stenio Lopes; três Centros de Tecnologia: o do Couro e do Calçado, o da Moda e o dos Minerais; um Centro de Ações Móveis; e um Centro de Inovação e Tecnologia Industrial (CITI) no qual foi realizado o estágio.

1.2.1. SENAI - CITI

O CITI tem um caráter multidisciplinar e multissetorial, atuando com educação profissional, desenvolvimento tecnológico, serviços tecnológicos, serviços técnicos especializados, pesquisa aplicada, além de informação tecnológica. São outras prioridades de atuação do CITI as tecnologias industriais básicas, sociais, renováveis e energéticas alternativas, como também a gestão da produção.

1.2.2. Casa Ecoeficiente

Em 2006, um grupo de pesquisadores e arquitetos, em parceria com várias empresas de Campina Grande, construiu no Centro de Inovação e Tecnologia Industrial (CITI) do Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI), o Laboratório de Energias – Casa Ecoeficiente, que apresenta tecnologias de autossuficiência energética. Este laboratório representa um ambiente tecnológico e didático para visitação, cursos, pesquisas e inovações, e foi desenvolvida com soluções para propiciar a máxima eficiência energética, e conforto térmico integrado ao projeto arquitet nico, valorizando os conceitos do aproveitamento de ventilação e iluminação natural. Na construção, foram utilizados materiais ecologicamente corretos e eficientes (tijolos e paredes monolíticas de solo-cimento, painéis térmicos com placas de isopor e de resíduos sólidos, telhas de fibras vegetais, piso usando madeira de demolição e resíduos industriais).

A Casa Ecoeficiente, mostrada na Figura 1, instalada numa área de 350m², possui dependências usuais de uma residência de padrão médio cujas instalações elétricas são alimentadas pela rede de energia elétrica adicionada a um sistema híbrido de geração de energia (painéis fotovoltaicos e turbina eólica), e ainda conta, na sua área externa, com estação de tratamento de águas, sistema com cata-vento para captação de água do poço, sistema solar para aquecimento de água, dessalinizador alimentado por energia solar

fotovoltaica, e sistema solar de bombeamento de água. Fotos de alguns ambientes da Casa Ecoeficiente constam no Anexo 3 deste documento.



Figura 1: Casa Ecoeficiente do SENAI-CITI. Fonte: Arquivo pessoal.

1.3. Organização do Relatório de Estágio

Este relatório de estágio está estruturado em três partes: a primeira apresenta um embasamento teórico que servirá de apoio para a descrição dos sistemas de energia alternativas existentes e os que são utilizados na Casa Ecoeficiente do SENAI-CITI; na segunda parte são descritas as atividades desenvolvidas durante a execução do estágio; na terceira parte são apresentados os resultados obtidos para cada atividade desenvolvida; e por último, nas conclusões, é feita uma abordagem da experiência adquirida e a importância do estágio para a vida acadêmica e carreira profissional.

2. Embasamento Teórico

2.1. Fontes alternativas de energia

Uma grande preocupação nos dias atuais é a questão da sustentabilidade, principalmente quando falamos em desenvolvimento e crescimento das nações. No entanto, o elevado consumo de energia na atualidade associado com a grande dependência dos recursos não renováveis tem se revelado um dos grandes problemas enfrentados mundialmente e por isso tem sido crescente a busca por fontes de energia que possam abastecer a sociedade sem prejudicar o meio ambiente e de modo que não afete as possibilidades das gerações futuras.

O aumento acelerado da demanda de energia elétrica em todo o mundo, a necessidade de diminuir a dependência de combustíveis fósseis e a preferência por fontes de energia que não poluem têm levado à busca de novas fontes de energia para a geração de eletricidade (Amarante et al., 2013).

As tradicionais fontes de energia ainda constituem a base mundial da geração de eletricidade – como as grandes usinas hidrelétricas, termelétricas a carvão e petróleo e usina nucleares. Entretanto, tem-se observado a participação crescente de fontes alternativas de eletricidade em muitos países. Alguns exemplos são as pequenas centrais hidrelétricas, os geradores eólicos, os sistemas solares térmicos, os sistemas fotovoltaicos e as termelétricas e microturbinas alimentadas a gás natural. Essas últimas, embora utilizem um combustível fóssil não renovável, são mais eficientes e menos poluidoras do que as modalidades de geração baseada na queima do carvão ou do petróleo (MMA, 2013). O conceito de energia alternativa não é exclusivo das fontes renováveis, entretanto a maior parte dos sistemas alternativos de geração de eletricidade emprega fontes renováveis.

Embora ainda tímidas e com participação muito reduzida na matriz energética mundial, o uso das fontes alternativas vem crescendo muito em todo o planeta. Em diversos países, apesar de suprirem apenas uma fração da demanda de eletricidade, essas fontes já são consideradas maduras e ocupam importante espaço nas políticas públicas e nos investimentos privados. Os custos das fontes alternativas de energia estão caindo com o aumento da escala de utilização e o preço da energia elétrica por elas gerada em muitos países já se equipara ao da energia produzida pelas fontes tradicionais.

Além de todas as vantagens citadas, a utilização de fontes alternativas motiva o desenvolvimento tecnológico e traz benefícios econômicos indiretos. Normalmente as

vantagens econômicas das fontes de energia são analisadas apenas sob a ótica do custo da energia elétrica produzida, entretanto existem ganhos associados quando se utilizam fontes alternativas.

2.2. Energia Solar

Devido à sua extensão e localização geográfica, o Brasil recebe da ordem de 1013 MWh (mega Watt hora) anuais de energia solar, o que corresponde a cerca de 50 mil vezes o seu consumo anual de eletricidade (Rodrigues e Matajs, 2005). No entanto, a exploração e a integração desta fonte alternativa de energia aos sistemas elétricos ainda não é utilizada em massa devido aos custos elevados para implementação dos sistemas, dessa forma, ainda será necessário mais investimentos em pesquisa científica e tecnológica visando eficiência e diminuição dos custos.

Dentre as várias formas de se aproveitar a energia solar, no Brasil os processos mais utilizados são a energia solar fotovoltaica, utilizada principalmente nas regiões norte e nordeste onde se tem elevada disponibilidade de radiação solar durante todo o ano, e a energia solar térmica, que é encontrada principalmente nas regiões Sul e Sudeste onde tem-se temperaturas baixas em determinadas épocas do ano (ANEEL, 2013).

2.2.1. Energia Solar Fotovoltaica

A energia do Sol pode ser utilizada para produzir eletricidade pelo efeito fotovoltaico, que consiste na conversão direta da luz solar em energia elétrica. Quando a luz, ou a radiação eletromagnética do Sol incide sobre uma célula composta de materiais semicondutores com propriedades específicas (célula fotovoltaica) é gerada uma corrente, a qual é coletada e processada por dispositivos controladores e conversores, podendo ser armazenada em baterias ou utilizada diretamente em sistema conectados à rede elétrica (Gazoli et al, 2012).

- Células Fotovoltaicas

A estrutura básica de uma célula fotovoltaica, ilustrado na Figura 2, é composta por: duas camadas de material semicondutor (Silício Tipo-P e Tipo-N); uma grade de barras metálica superior e base metálica inferior (película de alumínio ou de prata) que são os terminais elétricos que fazem a coleta da corrente elétrica produzida pela ação da luz; uma camada translúcida (vidro) que recebe a luz. Uma célula comercial ainda possui uma camada de material antirreflexivo, normalmente feita de nitreto de silício ou de dióxido de titânio, necessária para evitar reflexão e aumentar a absorção de luz pela célula.

Atualmente as células fotovoltaicas produzidas em larga escala e disponíveis comercialmente são constituídas de silício monocristalino, policristalino ou amorfo. As células monocristalinas são fabricadas a partir da serragem de lingotes de silício monocristalino, ilustrada na Figura 3a, obtidos a partir do silício purificado, extraído do mineral quartzo, muito abundante na crosta terrestre. Células monocristalinas, ilustrada na Figura 3b, tem aspecto uniforme, podendo apresentar coloração azulada ou preta dependendo do tipo de tratamento antirreflexivo empregado, e são consideradas as mais eficientes disponíveis comercialmente em larga escala. Os módulos fotovoltaicos construídos de células monocristalinas tipicamente têm eficiência de 16% (Gazoli et al, 2012).

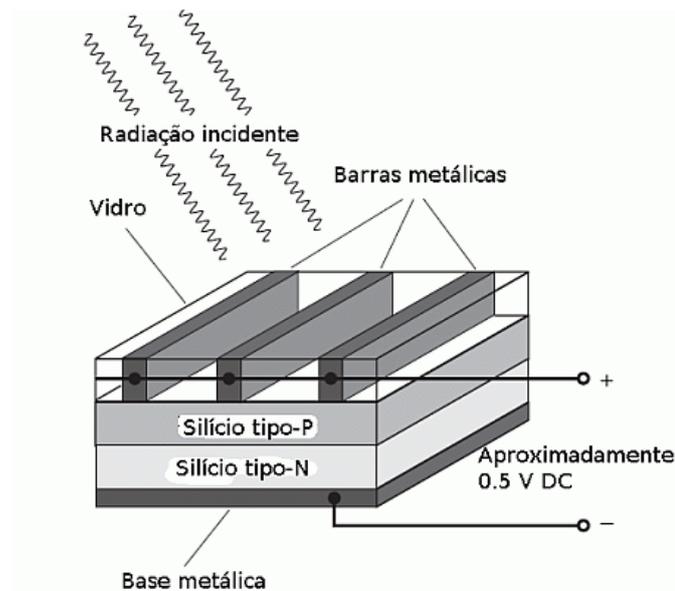


Figura 2: Estrutura básica de uma célula fotovoltaica. Fonte: www.profelectro.info.

O silício policristalino tem um processo de fabricação mais simples, que utiliza temperaturas mais baixas do que as empregadas na fabricação do silício monocristalino. O lingote de silício policristalino é formado por um aglomerado de inúmeros cristais, com tamanhos e orientações espaciais diferentes. As células possuem aparência heterogênea e aspecto bastante distinto do silício monocristalino, conforme mostradas na Figura 4. Os módulos fotovoltaicos policristalinos têm eficiências ligeiramente inferior às dos seus concorrentes monocristalinos, entretanto, as duas tecnologias coexistem no mercado e apresentam relações custo-benefício muito próximas.

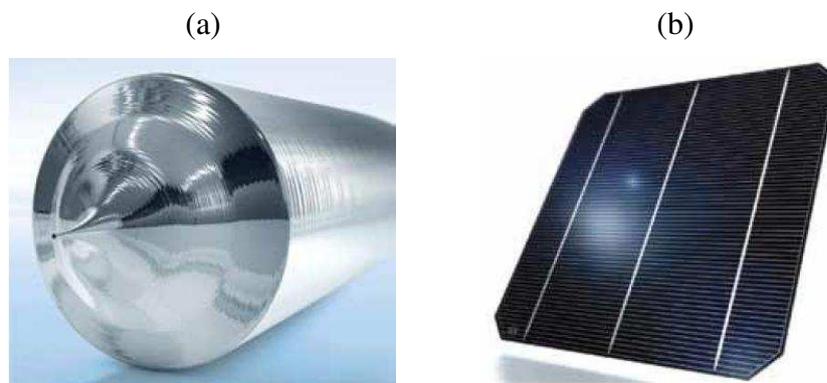


Figura 3. (a) Lingote de silício monocristalino; (b) Célula fotovoltaica de silício monocristalino. Fonte: Bosch Solar Energy AG.



Figura 4: Célula fotovoltaica de silício policristalino. Fonte: Bosch Solar Energy AG.

As células de silício amorfo, ilustrada na Figura 5, são as que apresentam o custo mais reduzido, mas em contrapartida o seu rendimento elétrico (aproximadamente 8% a 10%) é também o mais reduzido e exigem maior área instalada para produzir a mesma energia que

produzem as tecnologias cristalinas, tornando mais elevados os custos de instalação. As células de silício amorfo são películas muito finas, fabricados pela pulverização de finas camadas de silício sobre uma base feita de material rígido ou flexível. Além disso, a fabricação é menos complexa, tornando mais simples a automatização dos processos e facilitando a produção em grande volume. Uma vantagem é o seu baixo coeficiente de redução de potência com o aumento da temperatura, o que os torna mais adequados para locais com temperaturas muito elevadas.



Figura 5: Célula fotovoltaica de silício amorfo. Fonte: <http://ecovolts.webnode.pt>.

- *Módulos Fotovoltaicos*

A célula fotovoltaica é o menor dispositivo fotovoltaico existente. Uma célula produz pouca eletricidade, então várias células são ligadas em série e coladas sobre uma estrutura rígida, para produzir painéis ou módulos fotovoltaicos.

Os módulos fotovoltaicos de silício cristalino encontrados no mercado apresentam potências de pico entre 85 W e 255 W. Suas tensões máximas de saída em circuito aberto vão até aproximadamente 37 V e podem fornecer em torno de 8,5 A de corrente elétrica.

Os módulos de silício amorfo são formados por uma célula única com as dimensões do próprio módulo. Em geral são encontrados em potências em torno de 50 W e 100 W. Esses módulos apresentam tensões de saída maiores, de até 70 V aproximadamente, e são mais difíceis de empregar, pois suas correntes de saída são pequenas (em torno de 2A) e exigem um grande número de conjuntos em paralelo para alcançar a produção de energia desejada.

Um módulo solar fotovoltaico típico é composto por células fotovoltaicas cujas conexões elétricas são prensadas dentro de lâminas de plástico, mostrado na Figura 6. O módulo é recoberto por uma lâmina de vidro e por último recebe uma moldura de alumínio. Na parte traseira o módulo recebe uma caixa de conexões elétricas à qual são conectados os

cabos que normalmente são fornecidos junto com o módulo. Os cabos possuem conectores padronizados, que permitem a rápida conexão de módulos em série.



Figura 6: Componentes de um módulo fotovoltaico. Fonte: Bosch Solar Energy AG.

Um módulo fotovoltaico não se comporta como uma fonte elétrica convencional, apresentando uma tensão de saída variável nos seus terminais que vai depender da corrente gerada e vice-versa. O valor de tensão e da corrente gerada no módulo depende do que está conectado aos seus terminais, isto é, se for conectado um aparelho que demanda muita corrente, a tensão de saída do módulo tenderá a cair, enquanto que se for conectada uma carga que demanda pouca corrente, a tensão do módulo será mais elevada, tendendo à tensão de circuito aberto (Villalva e Gazoli, 2012).

Observa-se uma relação entre a tensão e a corrente de saída de um módulo fotovoltaico, chamada curva corrente-tensão, ilustrada na Figura 7a, para a qual existe uma curva potência-tensão correspondente, ilustrada na Figura 7b. Nestas curvas é possível identificar três pontos de destaque: ponto de corrente de curto-circuito, ponto de tensão de circuito aberto e ponto de máxima potência.

O ponto de corrente de curto de circuito ocorre quando colocamos os terminais do módulo em curto, não existindo tensão elétrica e a corrente do módulo alcança seu valor máximo. O ponto de tensão de circuito aberto é aquela que medimos na saída do módulo quando seus terminais estão abertos, ou seja, é a máxima tensão que o módulo pode fornecer. O ponto de máxima potência corresponde à situação na qual o módulo fornece potência

máxima. Idealmente deve-se operar o módulo nesse ponto, pois nesta situação sua produção de energia é maior.

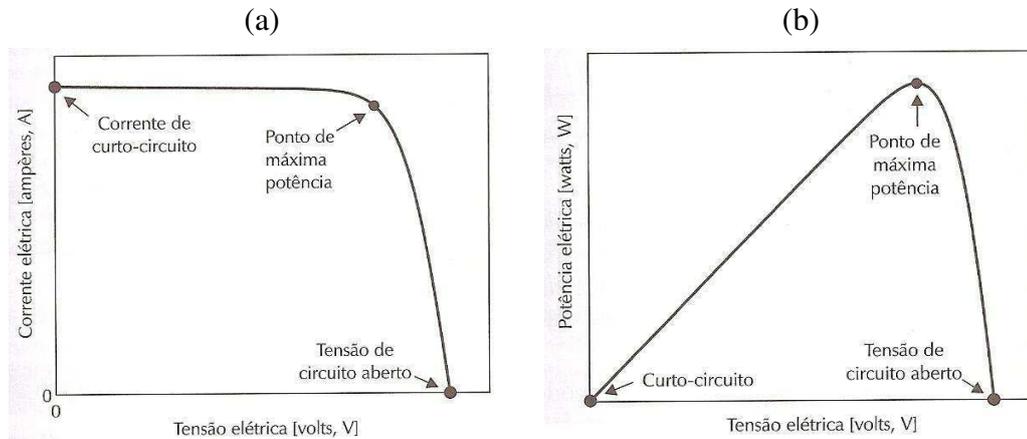


Figura 7: Curvas características: corrente x tensão (a) e potência x tensão (b) de um módulo fotovoltaico. Fonte: Villalva e Gazoli (2012).

2.2.1.1. Tipos de Sistemas Fotovoltaicos

Os sistemas fotovoltaicos podem ser do tipo autônomo ou conectado à rede. Os autônomos podem se dividir naqueles que só fornecem corrente contínua, aqueles que fornecem corrente alternada e ainda existem aqueles que fornecem ambas as correntes.

- *Sistemas Fotovoltaicos Autônomos*

Um sistema fotovoltaico autônomo, aquele que não possui outra forma de geração de eletricidade, conforme ilustrado na Figura 8, só gera eletricidade nas horas de sol. Os sistemas autônomos são dotados de acumuladores que armazenam a energia para os períodos sem sol, o que acontece todas as noites, e também nos períodos chuvosos ou nublados. Os acumuladores são dimensionados de acordo à autonomia que o sistema deve ter, e essa varia de acordo às condições climatológicas da localidade onde será implantado o sistema fotovoltaico. Os sistemas sem armazenamento funcionam somente durante as horas de sol. Tem-se como exemplo os sistemas de bombeamento de água. As características das bombas são calculadas levando em consideração a necessidade água e o potencial solar da localidade. O painel fotovoltaico é dimensionado para fornecer potencial para a bomba. Apesar de não

utilizarem sistemas de armazenamento elétrico, o armazenamento energético é feito na forma de água no reservatório.

Um sistema fotovoltaico autônomo é geralmente composto de placas fotovoltaicas, controlador de carga, baterias e, conforme a aplicação, inversores de tensão contínua para tensão alternada, ilustrado na Figura 9. Os módulos fotovoltaicos produzem energia na forma de corrente e tensão contínuas e para algumas aplicações é necessário converter essa energia em tensão e corrente alternada através do inversor.



Figura 8: Sistema de energia solar fotovoltaica autônomo. Fonte: www.neosolar.com.br.

Em aplicações que requerem baterias deve ser empregado um controlador de carga, que é um carregador de bateria específico para aplicações fotovoltaicas. O controlador de carga é usado para regular a carga da bateria e prolongar sua vida útil, protegendo-a de sobrecargas ou descargas excessivas. Alguns modelos de controladores ainda têm a função de maximizar a produção de energia do painel fotovoltaico através do recurso denominado MPPT (*Maximum Power Point Tracking* – rastreamento do ponto de máxima potência).

O inversor pode alimentar lâmpadas, aparelhos eletrodomésticos, computadores e qualquer tipo de equipamento que normalmente é alimentado pelas redes residenciais de tensão alternada. Aparelhos que utilizam tensão e corrente contínuas podem ser ligados diretamente ao controlador de carga, sem a necessidade do inversor.

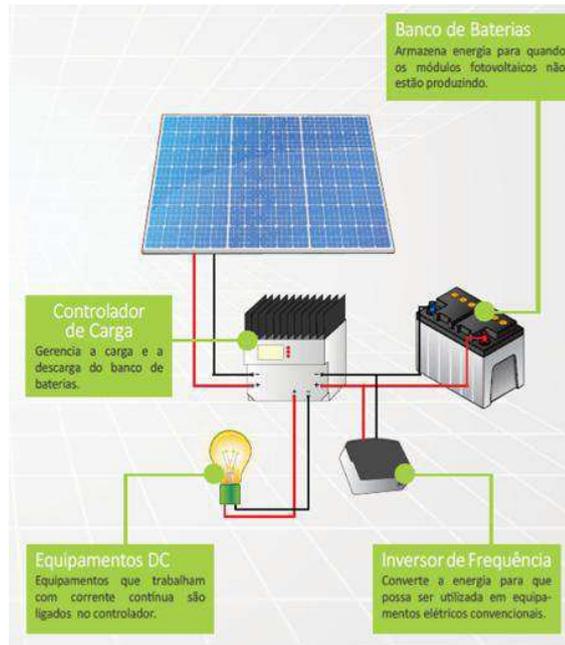


Figura 9: Componentes de um sistema fotovoltaico autônomo. Fonte: www.techbay.eng.br.

- *Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica.*

O sistema fotovoltaico conectado à rede elétrica opera em paralelismo com a rede de eletricidade, como se observa na Figura 10. Diferentemente do sistema autônomo, o sistema conectado é empregado em locais já atendidos por energia elétrica. Os sistemas conectados têm uma grande vantagem com relação aos sistemas isolados por não utilizarem baterias e controladores de carga. Isso os torna cerca de 30% mais eficientes e também garante que toda a energia seja utilizada, ou localmente ou em outro ponto da rede.

O objetivo do sistema fotovoltaico conectado à rede é gerar eletricidade para o consumo local, podendo reduzir ou eliminar o consumo da rede pública ou mesmo gerar excedente de energia. Para casas e empresas estes sistemas também são chamados de sistemas fotovoltaicos de autoconsumo. Se o proprietário do sistema produzir mais energia do que consome, a energia produzida fará com que o medidor “gire para trás”. Quando produzir menos do que consome, o medidor deverá “girar mais devagar”. Vale observar que o medidor deve ser apropriado para contabilizar o fluxo de energia nos dois sentidos.

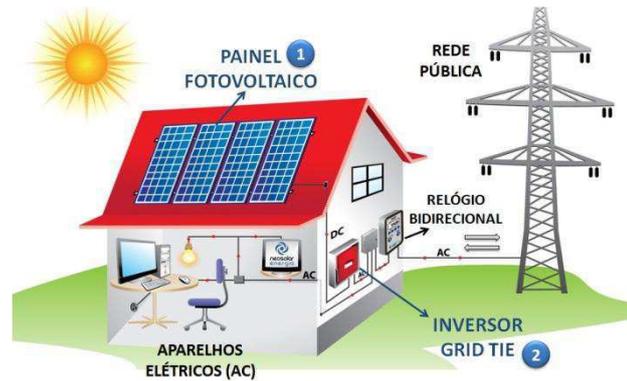


Figura 10: Sistema de energia solar fotovoltaica conectado à rede.
Fonte: www.neosolar.com.br.

Os sistemas fotovoltaicos conectados à rede podem ser centralizados, constituindo usinas de geração de energia elétrica, ou micro e minissistemas descentralizados de geração distribuída instalados em qualquer tipo de consumidor. Os sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica podem ser classificados em três categorias, de acordo com seu tamanho, segundo as definições utilizadas pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). São elas:

- Microgeração: potência instalada até 100 kW;
- Minigeração: potência instalada entre 100 kW e 1 MW;
- Usinas de eletricidade: potência acima de 1 MW.

Em abril de 2012 a ANEEL publicou sua Resolução nº482, que se tornou um marco histórico para o setor de energias renováveis no Brasil, permitindo o acesso às redes públicas de distribuição aos micro e minigeradores de eletricidade baseados em fontes renováveis. A resolução contempla, além da energia fotovoltaica, as energias hidráulicas (na forma de pequenas centrais hidrelétricas), eólica e da biomassa.

O sistema adotado no Brasil é conhecido como *net-metering*. Nele, o consumidor-produtor de energia paga em sua conta de luz apenas a diferença entre o seu consumo e a sua produção. A produção de energia é convertida em créditos que são abatidos da conta dentro do próprio mês ou dentro de até 36 meses, caso tenha produzido energia em excesso, garantindo a adequação às sazonalidades de produção e consumo. Além disso, os créditos podem ser usados em outras unidades consumidoras do mesmo titular, desde que as unidades sejam atendidas pela mesma distribuidora de energia.

A referida resolução possibilita, a exemplo do que já ocorria em outros países, que micro e minissistemas fotovoltaicos sejam construídos por usuários residenciais e empresas, visando à produção de eletricidade para consumo próprio. A resolução não trata das usinas de energia solar fotovoltaica, pois para esse tipo de empreendimento valem as regras já existentes para as centrais geradoras construídas com o objetivo de comercializar energia.

Do ponto de vista dos componentes, um sistema fotovoltaico conectado à rede é composto por painéis solares e inversores, como ilustrado na Figura 11. Os inversores conectados à rede, além de transformar a corrente contínua em alternada, devem sincronizar o sistema com a rede pública. Por o sistema estar conectado à rede, a falta de energia é compensada pela mesma, o que elimina a necessidade de baterias.



Figura 11: Componentes de um sistema fotovoltaico conectado à rede.

Fonte: www.techbay.eng.br.

2.2.2. Energia Solar Térmica

Além da produção de eletricidade, a energia do Sol também pode ser aproveitada como fonte de calor para aquecimento de fluidos, através do uso de coletores ou concentradores solares (ANEEL, 2013). Para fins residenciais e comerciais, o calor é captado por coletores solares instalados nos telhados de prédios ou residências para aquecer a água. Os concentradores solares destinam-se a aplicações que requerem temperaturas mais elevadas,

como a secagem de grãos e a produção de vapor. Neste caso, pode-se gerar energia mecânica com o auxílio de uma turbina a vapor, e, posteriormente, eletricidade, por meio de um gerador.

O objetivo desses sistemas é aquecer a água utilizando diretamente o calor do Sol, de forma simples, limpa e eficiente, poupando outros recursos energéticos como o gás natural, o carvão e a energia elétrica. A Figura 12 mostra uma residência que emprega coletores solares instalados em seu telhado para o aquecimento de água.



Figura 12. Coletores solares térmicos para o aquecimento de água instalados no telhado de uma residência. Fonte: www.merkasol.com.

3. Atividades desenvolvidas

3.1. Montagem de um sistema de irrigação com acionamento remoto, alimentado por placa solar fotovoltaica

Um sistema de irrigação com acionamento remoto, alimentado por placa solar fotovoltaica, foi desenvolvido com intuito de ser mais um exemplo da aplicação da energia fotovoltaica existente na casa, tendo em vista que um dos objetivos da Casa Ecoeficiente é torna-la cada vez mais “inteligente” e autossustentável. Além disso, a água utilizada na irrigação encontra-se em um reservatório de água de reuso, a qual é proveniente das pias (do banheiro e cozinha) e da máquina de lavar, que é tratada em uma miniestação de tratamento de água.

O sistema de irrigação é composto por: 10 aspersores de jardins, que liberam a água; uma placa solar fotovoltaica do tipo monocristalina de 50W, que captura a radiação solar e carrega a bateria; uma bateria de 36Ah que alimenta o sistema; um controlador de carga de 8A (Fabricante Würth Solergy) que regula a carga da bateria de modo a assegurar longa vida útil da bateria; um inversor para transformar a tensão de 12V para 220V uma vez que a eletroválvula utilizada é parametrizada para funcionar com tensão de 220V; um módulo de acionamento remoto (liga-desliga) do dispositivo; e uma eletroválvula que nada mais é do que uma bobina solenoide (um ímã artificial) que ao receber corrente elétrica gera um campo magnético que atrai o embolo da parte mecânica abrindo e fechando o registro. Todos os componentes citados estão ilustrados nas Figuras 13.

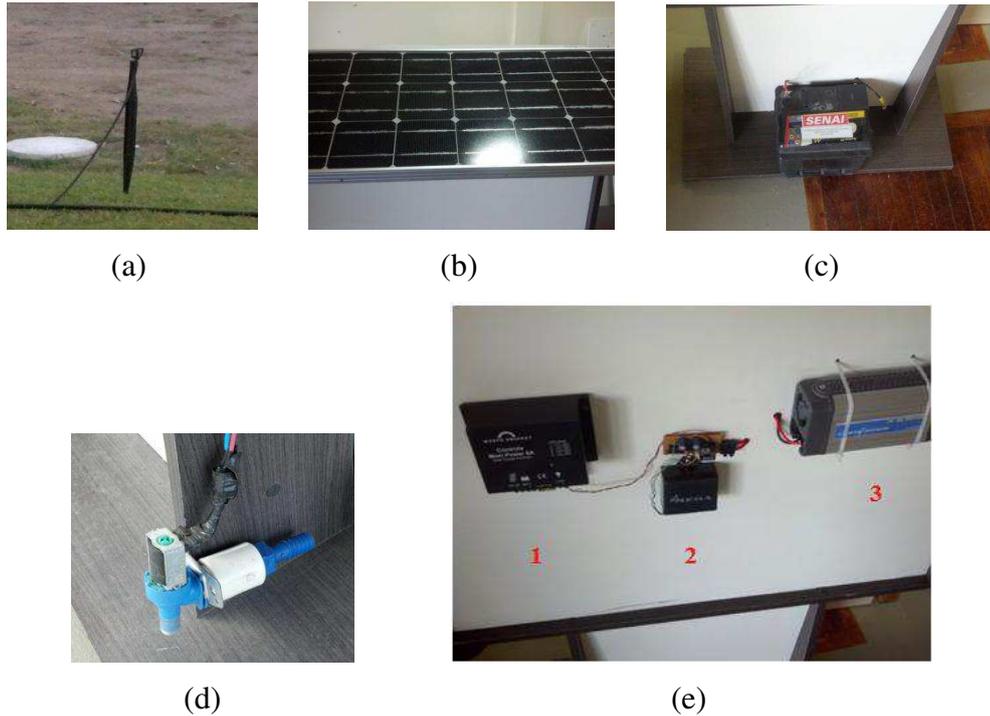


Figura 13. (a) Aspersores; (b) Placa solar fotovoltaica; (c) Bateria; (d) Eletroválvula; (e) controlador de carga (1), Módulo de acionamento (2) e Inversor 12/220V (3).
Fonte: Arquivo pessoal.

O sistema completo, integrando todos os componentes citado, é apresentado na Figura 14. A saída de água pelos aspersores é controlada, remotamente, pela eletroválvula que abre e fecha o reservatório. A eletroválvula encontra-se ligada na saída do inversor, que por sua vez transforma a tensão contínua 12V fornecida pela bateria em tensão alternada 220V. O módulo de acionamento, alimentado pela bateria (ligada na saída do controlador, 12V) também está ligada na saída no inversor, em série com a eletroválvula, funcionando como uma chave liga/desliga acionado por um controle remoto. O painel solar e a bateria foram ligados no controlador de carga em terminais específicos de entrada. A saída do controlador (carga) foi ligada na entrada do inversor.

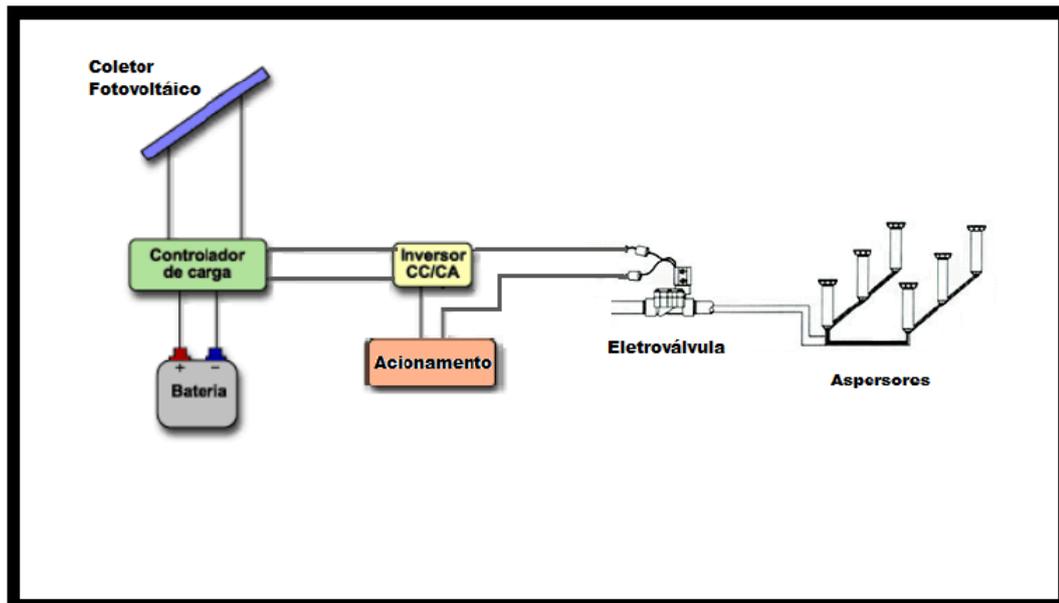


Figura 14. Esquema básico do sistema de irrigação com acionamento remoto desenvolvido no SENAI-CITI. Fonte: SENAI.

3.2. Participação na Elaboração de Propostas de Consultoria

Durante o período da realização do estágio também foram desenvolvidas atividades relacionadas à elaboração de propostas de consultoria inseridas em dois tipos de ações: a primeira visava montar propostas para a implantação de sistemas de energias renováveis para atender as demandas latentes de empresas interessadas ou para fins residenciais, com foco permanente na sustentabilidade ambiental; o segundo tipo de proposta elaborada teve como propósito a introdução de mudanças em sistemas já em operação, com o fito de melhorá-lo, adequando-o às tecnologias modernas e buscando aprimorar a eficiência.

Dentre as propostas desenvolvidas podem ser citadas: sistemas fotovoltaicos autônomos e conectados à rede, substituição de luminárias com lâmpadas de vapor por luminárias de tecnologia LED, e sistemas de aquecimento solar de piscinas.

3.2.1. Dimensionamento de sistemas fotovoltaicos isolados e conectados à rede

A partir do levantamento do consumo de energia elétrica do sistema em tela, ora com base no consumo médio dos aparelhos elétricos envolvidos, ora com base no consumo de

energia elétrica mensal quando existia esta informação, foi quantificado o número de módulos solares necessários tomando-se a quantidade total de energia requerida dividida pela capacidade de geração de energia de cada módulo fotovoltaico utilizado. Como é sabido, a energia de cada módulo é definida multiplicando-se o valor da potência de pico oferecido pela placa (Wp) pela quantidade de horas diárias de insolação (geralmente entre quatro e seis horas).

Sabendo-se da energia a ser demandada, foi feito um dimensionamento do banco de baterias (somente para sistemas autônomos). As baterias de um banco podem ser organizadas em série ou paralelo, dependendo da tensão de operação. A partir da energia do banco de baterias encontrada (energia diária de entrada no inversor “Wh/dia” vezes a autonomia do banco em “dias”), foi determinada a capacidade do acúmulo de carga do banco em “Ah” (dividindo a energia do banco pela tensão de operação), que dividida pela capacidade de acúmulo de carga de cada bateria, permitiu a identificação da quantidade de baterias necessárias.

A especificação do controlador de carga leva em consideração dois parâmetros: a tensão de operação e a corrente elétrica máxima (corrente de curto-circuito) fornecida pelos módulos.

A escolha do inversor é feita de acordo com as tensões de entrada e saída especificadas para o sistema, com capacidade de suportar a potência total dos aparelhos que pretendem ser alimentados. Os inversores para conexão à rede elétrica são mais complexos uma vez que são capazes de se interligar com a rede da concessionária, devido a sua capacidade de sincronizar sua frequência e a sua tensão de saída com a rede que se deseja conectar, e também se desconectar quando não há fornecimento energia (como por exemplo, um blecaute ou apagão).

3.2.2. Análise da viabilidade de substituição de luminárias com lâmpadas de vapor por luminárias com tecnologia LED

A análise da substituição de luminárias com lâmpadas de vapor por luminárias com tecnologia LED foi realizado com base nos dados de consumo de energia elétrica das lâmpadas. Primeiramente, foi calculado o gasto de energia elétrica com as luminárias existentes e a seguir feito um comparativo de custos a cerca do possível gasto com as novas luminárias.

3.2.3. Dimensionamento de sistemas de aquecimento solar para piscinas

Um dos serviços de consultoria mais solicitado pelos clientes do SENAI (geralmente empresários) durante o período de estágio foi o dimensionamento de sistemas de aquecimento solar para piscinas com as mais diversas finalidades. Para que um sistema funcionasse com eficiência e confiabilidade, o problema principal era definir a proporção entre área da piscina e a área dos coletores. Além disso, se fazia necessário calcular as condições reais de instalação, analisar o local, a inclinação e a orientação dos coletores solares, assim como identificar qual a temperatura desejada da água, localidade, se a piscina é aberta ou fechada, se a piscina é de uso residencial ou comercial (26 - 28°C piscina de treinamento, 28 - 30°C piscina de clube, 28 - 32°C piscinas residenciais e academias, 30 - 32°C piscinas de fisioterapias e SPAs). Definido a área dos coletores e a altura em que seriam instalados, calcula-se a potência da bomba hidráulica.

A quantidade de coletores solares necessária para aquecer uma determinada piscina foi dimensionada com base no método da reposição das perdas térmicas. Inicialmente seriam necessários alguns dias para aquecer todo o volume da piscina e depois, o sistema seria capaz de repor as perdas térmicas diariamente, mantendo a piscina sempre aquecida.

3.3. Configuração de um inversor para instalação de um sistema fotovoltaico conectado à rede na Casa Ecoeficiente

Outra atividade executada foi a configuração de um inversor que seria utilizado para implantação de um sistema de compensação de energia de acordo com a resolução normativa nº 482, de 17 de abril de 2012, na Casa Ecoeficiente no SENAI-CITI.

Foram utilizados 7 módulos fotovoltaicos do tipo amorfo com potência de 60W cada, ilustrados na Figura 15, ligados em série, já que esse tipo de módulo apresentam tensões de saída maiores, para atingir a tensão de partida mínima de 200V.

O inversor fotovoltaico SUNNY BOY 3800 da SMA Solar Technology AG, mostrado na Figura 16a, com uma capacidade para suportar uma potência de 3800W, tem a finalidade de transformar a corrente contínua do gerador fotovoltaico em corrente alternada antes de alimentá-la na rede pública.

Uma vez que o mesmo veio com uma configuração de parâmetros divergentes dos parâmetros nacionais (tensão e frequência), foi necessário fazer uma nova configuração para ajustá-los. Para tanto se fazia necessária a comunicação com o inversor utilizando o software Sunny Data Control através de uma interface (conversor de comunicação serial RS485 para USB) como apresentado na Figura 16b. Ao adquirir essa interface, depois de uma série de processos burocráticos, houve a necessidade de um código pessoal de acesso para alterar os dados de rede relevantes, o chamado SMA Grid Guard Code, o qual foi obtido depois de uma solicitação feita por e-mail. Após isso, foi feita a reconfiguração e pode-se então dar início a elaboração do parecer técnico.



Figura 15. (a) Módulos fotovoltaicos do tipo amorfo utilizado para geração de energia; (b) Parâmetros do módulo fotovoltaico utilizado. Fonte: Arquivo pessoal.



Figura 16: (a) Inversor fotovoltaico SUNNY BOY 3800; (b) Interior do inversor, com destaque na comunicação serial. Fonte: Arquivo pessoal.

4. Resultados

4.1. Montagem de um sistema de irrigação com acionamento remoto, alimentado por placa solar fotovoltaica

O sistema completo de irrigação com acionamento remoto, alimentado por placa solar fotovoltaica, foi montado em um painel de madeira para apresentação ao público, tal como na Figura 17, durante o evento “Mundo SENAI” ocorrido nos dias 17 e 18 de outubro de 2013, na unidade SENAI-CITI. O evento teve como público alunos de escolas públicas e privadas interessados em conhecer as atividades desenvolvidas nas unidades do SENAI as quais foram apresentadas pelos funcionários e estagiários de cada setor.

Este sistema agora faz parte da Casa Ecoeficiente do SENAI-CITI como uma aplicabilidade adicional do uso da Energia Solar Fotovoltaica a qual anteriormente era restrita ao fornecimento de energia elétrica para iluminação e tomada deste protótipo de casa.

4.2. Participação na Elaboração de Propostas de Consultoria

Foram elaboradas propostas para sistemas fotovoltaicos autônomos e conectados à rede, e após o dimensionamento de cada tipo de sistema, através de planilha criada para automatizar o cálculo das variáveis como a determinação do número de módulos e baterias necessários, e especificações do controlador e inversor a serem utilizados, a qual consta no Anexo 1 deste documento. Verificou-se que os sistemas fotovoltaicos conectados à rede foram mais atrativos aos interessados, devido à redução do investimento necessário tendo em vista, que não se utilizam bancos de baterias nem controladores, produtos que encarecem consideravelmente o orçamento, levando o retorno do investimento (payback) em um maior prazo.

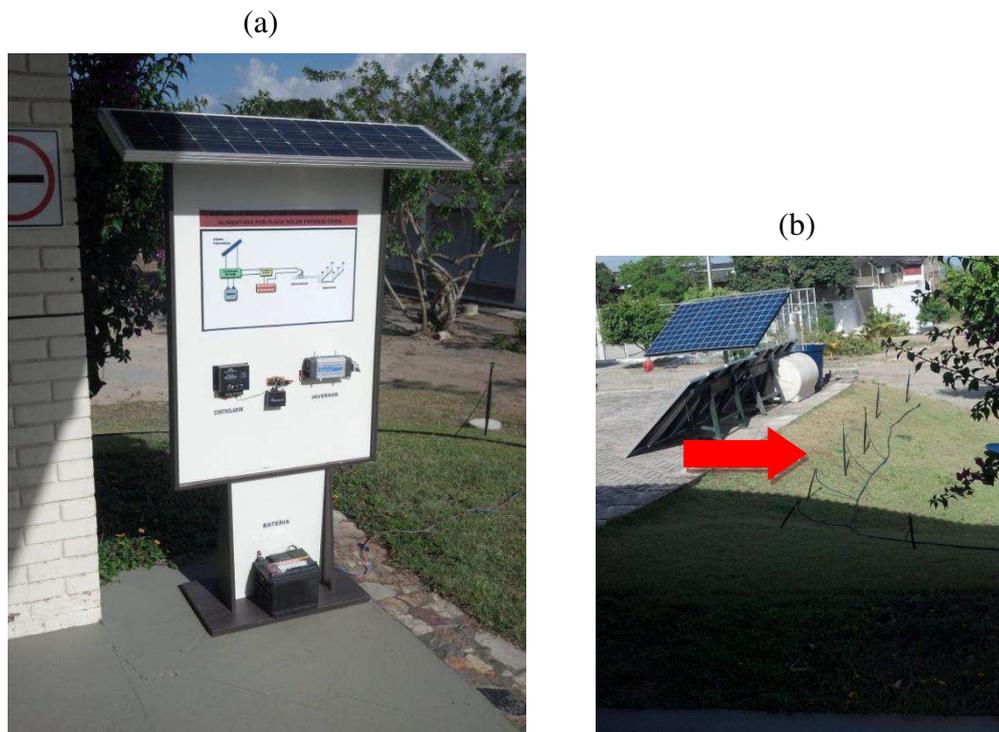


Figura 17. (a) Sistema de irrigação exposto; (b) Aspersores utilizados no sistema.
Fonte: Arquivo pessoal.

No caso da proposta de substituição de luminárias com lâmpadas de vapor por luminárias com tecnologia LED, foi desenvolvida uma planilha (Anexo 2) que quantifica a economia mensal e anual, e o valor do investimento a fim de verificar o tempo de retorno (payback).

Já com relação ao dimensionamento de sistemas de aquecimento solar para piscinas, foi proposta a utilização de uma capa térmica nas piscinas, com a finalidade de diminuir as perdas de calor da piscina e reduzir o número de coletores solares, diminuindo os custos.

4.3. Configuração de um inversor para instalação de um sistema fotovoltaico conectado à rede na Casa Ecoeficiente

O sistema não foi posto em prática, uma vez que a elaboração do parecer de acesso (documento formal obrigatório apresentado pela acessada onde são informadas as condições de acesso e os requisitos técnicos que permitam a conexão das instalações do acessante) ainda não foi concluído para ser apresentado à concessionária.

5. Conclusões

O estágio realizado na Casa Ecoeficiente do SENAI-CITI, unidade de Campina Grande, foi muito interessante, eis que os ensinamentos e práticas versadas no curso de Engenharia Elétrica da UFCG foram visualizados no ambiente de estágio, na quase totalidade.

A realização do estágio na área de energias renováveis foi uma possibilidade distinta das demais já obtidas ao longo de toda a graduação. Atualmente muito tem se focado na sustentabilidade, desta forma ter a chance de aprimorar meus conhecimentos nesta área foi de grande valia não só para a vida profissional, mas também para o acréscimo do conhecimento pessoal. Toda a base adquirida na universidade possibilitou o desenvolvimento, com segurança e eficácia, das atividades solicitadas.

A montagem de um sistema de irrigação com acionamento remoto, alimentado por placa solar fotovoltaica, deixou evidente que é possível aplicar o sistema de irrigação em áreas isoladas ou de difícil acesso, onde não tenha fornecimento de energia elétrica. O monitoramento remoto permitiu superar as limitações de natureza geográficas e de falta de energia elétrica.

O sistema idealizado e montado para apresentar no evento MUNDO SENAI, mostrou-se plenamente utilizável, e cumpre todas as exigências da Casa Ecoeficiente. Isto é, o sistema é autossustentável e inteligente. Ressalte-se que o sistema foi montado com a utilização de peças e componentes já existentes na casa.

Empresas industriais buscam o SENAI para a elaboração de propostas no que diz respeito ao desenvolvimento de novos sistemas que permitam o funcionamento de suas empresas de modo mais econômico e eficiente, e sempre olhando a sustentabilidade do meio ambiente. Para tanto, o dimensionamento de sistemas fotovoltaicos autônomos e conectados à rede, o dimensionamento do sistema de aquecimento solar para piscinas e substituição de luminárias com lâmpadas de valor por luminárias com tecnologia LED, desenvolvidos a pedido de clientes, demandou a criação de planilhas apropriadas visando facilitar a consolidação das propostas. Todas as propostas foram concluídas e apresentadas aos respectivos empresários solicitantes, que estão analisando as possibilidades de implantação. Esse tipo de análise demanda tempo razoável, pois envolve custos relativamente altos, e os empresários buscam desde já identificar possíveis fontes de financiamentos.

Um terceiro momento do estágio foi voltado para a recuperação de um inversor para instalação de um sistema conectado à rede na Casa Ecoeficiente, que consistiu na

reconfiguração dos parâmetros. O processo de recuperação foi lento porque a aquisição de uma interface de comunicação passou por um processo burocrático, sob as bênçãos da Lei nº 8.666/93 e suas modificações posteriores. Entre o pedido da peça e chegada à casa, passaram 45 dias. Convém ressaltar que os parâmetros do inversor estão bloqueados sob senha, havendo sido liberado mediante cadastro. Ressalte-se que sugeri a instalação das placas fotovoltaicas no telhado frontal, porque já está voltado para o norte naturalmente. Porém, isto só será implementado no próximo ano, haja vista que a aquisição da estrutura necessária demanda tempo razoável, não sendo possível a conclusão no ano corrente.

O período vivido na Casa Ecoeficiente foi de um aprendizado notável, em particular pelo trabalho de equipe, onde todos trocam ideias, analisam e discutem situações juntos, o que sem dúvida facilita o desenvolvimento das atividades. Houve também a possibilidade do acréscimo de pessoas ao meu ciclo de convívio, uma vez que o ambiente do SENAI-CITI é destinado a atividades em áreas distintas e com profissionais de conhecimentos diversificados, com os quais tive a chance de conviver e trocar ideias.

É notório que as disciplinas dos conteúdos profissionais essenciais foram de grande valia no auxílio do desenvolvimento de todas as atividades, além das profissionais específicas. No entanto, sugere-se a inclusão de disciplinas complementares com foco em energias renováveis especificamente na área de sistemas fotovoltaicos e eólicos.

E finalmente pode-se dizer que serviu como uma oportunidade de ganhar segurança e comprovar a competência técnica adquirida na universidade.

6. Referências Bibliográficas

Ministério de Minas e Energia – MME. 2013. Fontes convencionais de energia. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/clima/energia/fontes-convencionais-de-energia/gas-natural>. Acesso em 04/12/2013.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENGENHARIA ELÉTRICA – ANEEL, 2005. *Atlas de Energia Elétrica do Brasil*. 2 edição, Brasília, 243 páginas.

AMARANTE, O. A. C.; BROWER, M.; Zack, J.; SÁ, A. L. Atlas do Potencial Eólico Brasileiro. Brasília, 2001, 45 pp. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/atlas_eolico/Atlas%20do%20Potencial%20Eolico%20Brasileiro.pdf>. Acesso em 01 de Julho de 2013.

VILLALVA, Marcelo Gradella; GAZOLI, Jonas Rafael. *Energia Solar Fotovoltaica: Conceitos e Aplicações*. 1 edição, Editora Érica, São Paulo, 2012.

GAZOLI, Jonas Rafael; VILLALVA, Marcelo Gradella; Guerra, Juarez. *Energia Solar Fotovoltaica: Introdução*. Capítulo IX, O Setor Elétrico, São Paulo, novembro de 2012.

NEOSOLAR ENERGIA. *Energias renováveis ou energias alternativas*. Disponível em: <<http://www.neosolar.com.br/aprenda/saiba-mais/energias-renovaveis-ou-energias-alternativas>>. Acesso em 20 de novembro de 2013.

RODRIGUES, Délcio; MATAJS, Roberto. Um banho de sol para o Brasil: o que os aquecedores solares podem fazer pelo meio ambiente e sociedade. Vitae Civilis, São Lourenço da Serra, São Paulo, 2004.

ANEXO 2. Planilha para o cálculo de payback para substituição de luminárias comuns por luminárias de tecnologia LED

| | A | B | C | D | E | F | G | H |
|----|---|---------------------------|-------------------|--------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------|---------------------|
| 1 | PLANILHA PARA CÁLCULO DE PAYBACK DE LUMINÁRIAS | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | |
| 3 | Luminária Atual | Potência Média (W) | Quantidade | Uso (h/dia) | Consumo Diário (kWh/dia) | Consumo Mensal (kWh/mês) | Preço do kWh | Gasto Mensal |
| 4 | | 0 | 0 | 0 | "=B4*D4*C4/1000" | "=E4*30" | R\$ 0,00 | "=F4*G4" |
| 5 | | | | | | | | |
| 6 | Luminária LED | Potência Média (W) | Quantidade | Uso (h/dia) | Consumo Diário (kWh/dia) | Consumo Mensal (kWh/mês) | Preço do kWh | Gasto Mensal |
| 7 | | 0 | 0 | 0 | "=B7*D7*C7/1000" | "=E7*30" | R\$ 0,00 | "=F7*G7" |
| 8 | | | | | | | | |
| 9 | Economia Mensal kWh | "=F4-F7" | | | | | | |
| 10 | Economia Mensal R\$ | "=H4-H7" | | | | | | |
| 11 | Economia Anual R\$ | "=B10*12" | | | | | | |
| 12 | Preço Luminária | R\$ 0,00 | | | | | | |
| 13 | Investimento | "=B12*C7" | | | | | | |
| 14 | Pay Back (Anos) | "=B13/B11" | | | | | | |

Anexo 3. Instalações da Casa Ecoeficiente



Figura A1: Laboratório de Energia Solar.



Figura A2: Sala de instalações prediais.



Figura A3: Banco de baterias.



Figura A4: Cozinha.



Figura A5: Auditório.



Figura A6: Sala de controle.



Figura A7: Lateral da casa ecoeficiente.



Figura A8: Praça do Saber (local para exposição dos sistemas).



Figura A9: Miniestação de tratamento de água.



Figura A10: Reservatórios de água.