

CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA



Universidade Federal  
de Campina Grande

MARCONI DE SOUZA MENEZES

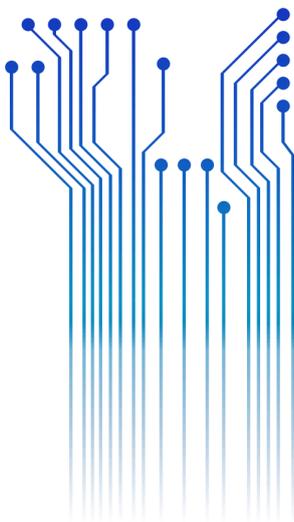


Centro de Engenharia  
Elétrica e Informática

RELATÓRIO DE ESTÁGIO INTEGRADO  
SOLAR NOBRE



Departamento de  
Engenharia Elétrica



Campina Grande  
Julho de 2019

MARCONI DE SOUZA MENEZES

## Relatório de Estágio Integrado Solar Nobre

*Relatório de Estágio Integrado submetido à  
Coordenadoria do Curso 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, Instalações Elétricas

Orientador:

Professor Leimar de Oliveira, M. Sc.

Campina Grande, 2019

MARCONI DE SOUZA MENEZES

## Relatório de Estágio Integrado Solar Nobre

*Relatório de Estágio Integrado submetido à  
Coordenadoria do Curso 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, Instalações Elétricas

Aprovado em     /     /

**Professor Avaliador**  
Universidade Federal de Campina Grande  
Avaliador

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

## AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, Ivan Menezes e Marly de Souza, assim como meus irmãos, Marcelo, Manuela e Marcos, pelo apoio e carinho incondicional, por estarem sempre presentes nos momentos mais difíceis e maravilhosos da minha vida.

Agradeço aos meus amigos, por todos momentos de superação e descontração que vivemos, sem vocês nada disso seria possível, obrigado por tudo.

Agradeço ao professor orientador, Leimar de Oliveira, por colaborar com este relatório e ao mesmo tempo, pela simpatia e zelo por todos.

Agradeço todos os professores que deram uma grande contribuição para minha formação, em especial aos professores Leimar de Oliveira, Edgar Roosevelt, Ubirajara Meira, Roberto Siqueira, Francisco das Chagas, Carlos Alberto Rocha, Saulo Dornelas, Washington Neves e Montiê Vitorino, que além de excelentes profissionais, são pessoas inspiradoras.

Agradeço também ao coordenador do curso de Engenharia Elétrica, Mário Araújo, e aos funcionários do departamento, Adail Ferreira e Tchaikowsky Oliveira, por serem tão receptivos e prestativos com todos alunos do Departamento de Engenharia Elétrica da UFCG.

*“Algumas questões devem ficar sem resposta”*  
Edson Américo

## RESUMO

Este relatório apresenta os resultados das atividades executadas durante a realização do estágio integrado na empresa Solar Nobre. A Solar Nobre, situada em Campina Grande – PB, realiza diversos projetos envolvendo sistemas fotovoltaicos. As atividades desenvolvidas foram supervisionadas por Eduardo Fernandes e o engenheiro eletricista Leandro Duarte Cabral de Melo, todas envolvendo sistemas fotovoltaicos com instalações elétricas. O trabalho conta ainda com uma fundamentação teórica que foi muito importante para consolidar e ampliar os conhecimentos do estagiário.

**Palavras-chave:** Instalações Elétricas, Sistemas Fotovoltaicos.

# ABSTRACT

The report shows the results of the activities performed during the internship at Solar Nobre. Solar Nobre, located in Campina Grande - PB, has the concept of photovoltaic systems. The activities were supervised by Eduardo Fernandes and the electrical engineer Leandro Duarte Cabral de Melo, all with photovoltaic systems with electrical installations. The work also has a theoretical foundation that was very important to consolidate and expand the trainee's knowledge.

**Keywords:** Electrical Installations, Photovoltaic Systems.

# LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Logomarca da Solar Nobre .....	14
Figura 2 - Sala dos estagiários da Solar Nobre.....	15
Figura 3 - Componentes do sistema fotovoltaico on-grid .....	18
Figura 4 - Componentes do sistema fotovoltaico off-grid.....	18
Figura 5 - Módulo fotovoltaico CS6K-300MS da CANADIAN SOLAR.....	20
Figura 6 - Inversor on-grid Fronius .....	21
Figura 7 - Parafuso estrutural.....	21
Figura 8 - Perfil em alumínio para sistemas fotovoltaicos .....	22
Figura 9 - Junção, parafuso tipo martelo M10 e porca M10 .....	22
Figura 10 - Terminal final de fixação para módulos fotovoltaicos .....	23
Figura 11 - Terminal intermediário de fixação para módulos fotovoltaicos.....	23
Figura 12 - String box ao lado do inversor Fronius .....	24
Figura 13 - Plataforma Sices Solar .....	28

# LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Componentes e fabricantes comercializados pela Solar Nobre29

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
CA	Corrente alternada
CC	Corrente contínua
FV	Fotovoltaico
kW	Quilowatt
kWh	Quilowatt-hora
MW	Mega watt
NDU	Norma de distribuição unificada
On-grid	Conectado à rede elétrica
Off-grid	Desconectado à rede elétrica
PB	Paraíba
REN	Resolução Normativa
String Box	Caixa de cordas
U.C	Unidade consumidora
UFMG	Universidade Federal de Campina Grande
V	volt

# SUMÁRIO

1	Introdução .....	13
1.1	Objetivos do Estágio.....	13
1.2	Empresa onde se Realizou o Estágio.....	14
1.3	Organização do Relatório.....	15
2	Fundamentação Teórica .....	16
2.1	A Energia Emitida pelo Sol.....	16
2.2	Sistemas Fotovoltaicos.....	17
2.2.1	Sistemas Fotovoltaicos On-grid.....	17
2.2.2	Sistemas Fotovoltaicos Off-grid.....	18
2.3	Componentes e Estruturas para Sistema Fotovoltaico On-grid Residencial.....	19
2.3.1	Módulos Fotovoltaicos.....	19
2.3.2	Inversores.....	20
2.3.3	Estruturas .....	21
2.3.3.1	Parafuso Estrutural .....	21
2.3.3.2	Perfil em Alumínio para Sistemas Fotovoltaicos .....	22
2.3.3.3	Junção, Parafuso e Porca .....	22
2.3.3.4	Terminal Final e Intermediário de Fixação.....	23
2.3.4	String box.....	24
2.4	Resolução Normativa n° 482.....	25
2.4.1	Microgeração Distribuída.....	25
2.4.2	Minigeração Distribuída .....	25
2.4.3	Sistema de Compensação.....	25
2.4.3.1	Geração Compartilhada .....	26
2.4.3.2	Autoconsumo Remoto .....	26
2.4.3.3	Empreendimento com Múltiplas Unidades Consumidoras (Condomínios) .....	26
2.5	NDU 013.....	27
3	Atividades Desenvolvidas .....	28
3.1	Dimensionamento de Sistemas On-grid.....	28
3.2	Emissão de Propostas Comerciais através do Dimensionamento e Venda de Equipamentos... 29	
3.3	Elaboração de Projetos Fotovoltaicos .....	30
4	Conclusão.....	31
	Bibliografia.....	32

# 1 INTRODUÇÃO

O presente relatório aborda as atividades desenvolvidas durante o estágio integrado com duração de 662 horas, realizado junto ao setor de engenharia da Solar Nobre, empresa localizada em Campina Grande - PB, durante o período compreendido entre 02 de abril e 26 de julho, ano de 2019, com carga horária de 40 horas semanais sob a supervisão do engenheiro eletricitista Leandro Duarte Cabral de Melo.

O estágio integrado tem como objetivo o cumprimento das exigências da disciplina Estágio Curricular, está presente na grade curricular do Curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande, é indispensável para a formação profissional, sendo de extrema importância para a aplicação dos conhecimentos vistos durante a graduação, desenvolvimento de novas habilidades e uma oportunidade de realizar trabalhos em equipe com trocas de experiências.

As atividades realizadas durante o período de estágio envolvem a energia de fonte solar, com foco no dimensionamento de sistemas fotovoltaicos on-grid, para uma compreensão maior acerca do tema foram feitos estudos complementares sobre a Resolução Normativa nº 482 da ANEEL, NDU 013 da distribuidora Energisa – PB e catálogos de equipamentos utilizados.

## 1.1 OBJETIVOS DO ESTÁGIO

O estágio teve como objetivos a realização de atividades bem definidas, vivenciar uma experiência profissional com atividades associadas à engenharia elétrica e a interação com os supervisores como forma de obter mais conhecimento na área.

Durante o período de duração do estágio foram realizadas as seguintes atividades:

- Dimensionamento de sistemas on-grid;
- Emissão de propostas comerciais através do dimensionamento e projeto de equipamentos;
- Projeto elétrico residencial e projeto solar fotovoltaico.

## 1.2 EMPRESA ONDE SE REALIZOU O ESTÁGIO

A Solar Nobre é uma empresa Paraibana, com sede em Campina Grande - PB, fundada em 2017 por Eduardo Silva Fernandes com a missão de promover o aumento na utilização da energia de fonte solar, através de sistemas conectados à rede elétrica ou autônomos, ofertando aos clientes a possibilidade de gerar sua própria energia elétrica e a diminuição no valor da conta de energia através do sistema de compensação do excedente gerado.

Atualmente a Solar Nobre tem feito a implantação de sistemas fotovoltaicos nas categorias de microgeração e minigeração nos seguintes estados: Maranhão, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte e Sergipe. A empresa também realiza obras de melhoria nos sistemas fotovoltaicos em funcionamento e a venda de equipamentos dos fabricantes com maior credibilidade no mercado brasileiro e internacional.

Figura 1 - Logomarca da Solar Nobre



Fonte: Solar Nobre, 2019.

O setor de engenharia é o local da Solar Nobre onde são feitos os levantamentos para se chegar ao orçamento de obras com um grau de complexidade maior e o desenvolvimento de todos projetos que tiveram a aprovação do cliente. Atualmente este setor conta com a presença de estagiários dos seguintes cursos: Engenharia Elétrica, Engenharia Civil e Arquitetura, trabalhando sob a supervisão de engenheiros e técnicos.

A empresa possui uma sala reservada aos estagiários onde são realizadas as atividades atribuídas, reuniões para discutir tarefas em curso e futuras, assim como, cursos oferecidos aos estagiários aliando teoria e prática, preparando-os para o cumprimento de suas atividades.

Figura 2 - Sala dos estagiários da Solar Nobre



Fonte: Próprio autor, 2019.

### 1.3 ORGANIZAÇÃO DO RELATÓRIO

O Capítulo 1 é introdutório, contextualiza o trabalho, descreve o local do estágio, define os objetivos e apresenta a organização do Relatório.

No Capítulo 2 é realizada a fundamentação teórica, são abordados temas indispensáveis para a compreensão das atividades desenvolvidas durante o estágio e a elaboração deste relatório. Sendo tratados sistemas fotovoltaicos, componentes de sistemas fotovoltaicos on-grid, Resolução Normativa nº 482 e NDU 013.

No Capítulo 3 são apresentadas as atividades desenvolvidas, onde são descritas as atividades desempenhadas pelo estagiário, executadas de acordo com a instrução e aprovação das soluções obtidas pelos supervisores.

O Capítulo 4 contém a conclusão, onde são apresentadas as considerações finais sobre este trabalho.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo contém uma breve introdução sobre tópicos fundamentais a respeito de energia solar, sistemas fotovoltaicos, componentes de sistemas fotovoltaicos on-grid, Resolução Normativa n° 482 e NDU 013. Estes tópicos serviram como base para a compreensão e realização das atividades que foram desenvolvidas durante o estágio.

### 2.1 A ENERGIA EMITIDA PELO SOL

O Sol, fora a responsabilidade pela manutenção da vida no planeta, é considerada a principal fonte de energia para a Terra suprimindo a energia necessária aos sistemas e ciclos globais, de tal forma que o potencial de aproveitamento de tal recurso é enorme e pode ser utilizado de forma direta e indireta por meios de sistemas de captação e conversão em outros tipos de energia.

Deve-se perceber que é a partir da radiação solar que ocorre a evaporação, a indução dos ventos, o desenvolvimento da matéria orgânica e dos combustíveis fósseis. Portanto, quase todas as outras fontes de energia são formas indiretas da energia solar. Já a energia térmica, utilizada no aquecimento de fluidos e ambientes, e a energia elétrica são formas de utilização direta do recurso solar, por meio de efeitos, como os efeitos termoelétrico e fotovoltaico, sobre determinados materiais.

A quantidade de energia recebida num determinado local geográfico varia no tempo: entre o dia e a noite devido à rotação da Terra e entre as estações por causa da órbita da Terra. E em um determinado momento também varia no espaço, por causa das mudanças na obliquidade dos raios solares variando de acordo com a longitude e latitude. Assim, a quantidade de energia recebida em um determinado local e tempo depende da posição relativa do Sol e da terra. É por isso que ambos a geometria e o tempo do Sol e Terra desempenham um papel importante na conversão da energia solar e sistemas fotovoltaicos [VILLALVA M. G.; GAZOLI 2013].

## 2.2 SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

Um sistema de energia solar fotovoltaico, também chamado de sistema de energia solar ou, ainda, sistema fotovoltaico, é um sistema capaz de gerar energia elétrica através da radiação solar. Existem dois tipos básicos de sistemas fotovoltaicos: Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede (On-grid) e Sistemas Fotovoltaicos Isolados (Off-grid).

Os Sistemas Isolados são utilizados em locais remotos ou onde o custo para conectar-se à rede elétrica é elevado. São utilizados em casas de campo, refúgios, iluminação, telecomunicações, bombeio de água, etc. Já os Sistemas Conectados à rede, substituem ou complementam a energia elétrica convencional disponível na rede elétrica.

Um sistema fotovoltaico possui quatro componentes básicos:

- Painéis solares – Realizam a transformação da energia emitida pelo Sol em energia elétrica para o sistema.
- Controladores de carga – Em sistemas fotovoltaicos off-grid servem para evitar sobrecargas ou descargas exageradas na bateria, aumentando sua vida útil e desempenho.
- Inversores – Em sistemas fotovoltaicos off-grid são responsáveis por transformar os 12 V de corrente contínua (CC) das baterias em 110 ou 220 V de corrente alternada (CA), ou outra tensão desejada. No caso de sistemas fotovoltaicos on-grid são responsáveis pela sincronia com a rede elétrica.
- Baterias – Em sistemas fotovoltaicos off-grid fazem o armazenamento da energia elétrica para que o sistema possa ser utilizado quando não há sol.

### 2.2.1 SISTEMAS FOTOVOLTAICOS ON-GRID

São sistemas que se conectam à rede de distribuição de energia elétrica. Possuem maior eficiência que os sistemas off-grid e dispensam o armazenamento em baterias e dos controladores de carga, o que faz com que tenham um preço mais baixo. O sistema on-grid, por não possuir dispositivo de armazenamento, toda a energia produzida pode estar sendo consumida pela carga, por exemplo uma residência, e seu excedente sendo injetado na rede elétrica ou injetar toda produção de energia elétrica fotovoltaica para à rede convencional de energia elétrica. Para isto é necessário a instalação de um medidor de

energia elétrica bidirecional, que faz a medição tanto da energia consumida pela carga quanto da energia injetada pela produção fotovoltaica.

Figura 3 - Componentes do sistema fotovoltaico on-grid

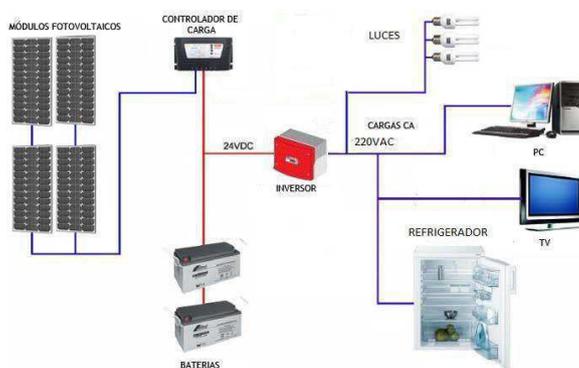


Fonte: Grid Solaris

### 2.2.2 SISTEMAS FOTOVOLTAICOS OFF-GRID

São sistemas independentes da rede elétrica convencional, sendo possível sua utilização em localidades carentes de rede de distribuição elétrica para possibilitar suprimento específico de uma carga. Por isso também conhecido como sistema autônomo ou isolado. Existem dois tipos de sistema autônomo: com armazenamento e sem armazenamento. O primeiro pode ser utilizado de forma armazenar parte da produção de energia elétrica fotovoltaica em baterias, como por exemplo é utilizado em algumas iluminações pública. Já o segundo, utilizado em bombeamento de água, apresenta maior viabilidade econômica por não utilizar instrumentos para o armazenamento de energia, baterias, que acabam por encarecer o sistema off-grid.

Figura 4 - Componentes do sistema fotovoltaico off-grid



Fonte: <http://sunenergy.cl/>

## 2.3 COMPONENTES E ESTRUTURAS PARA SISTEMA

### FOTOVOLTAICO ON-GRID RESIDENCIAL

Em sistemas fotovoltaicos on-grid, toda energia gerada é transferida para a rede elétrica, não havendo necessidade de armazenar energia, conseqüentemente não são utilizadas baterias, nem controladores de carga. Os componentes mais comuns são:

- Módulos fotovoltaicos;
- Inversores solares;
- Estruturas;
- String Box;

#### 2.3.1 MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

Em todos tipos de sistemas fotovoltaicos, existe a presença de módulos fotovoltaicos, estes possuem células fotovoltaicas em sua composição que fazem a transformação da energia radiada pelo Sol em energia elétrica de corrente contínua. Existe uma diversidade enorme de módulos fotovoltaicos no mercado, cada um com características bem específicas para se adaptar a qualquer tipo de situação.

Para realizar a escolha do módulo fotovoltaico, antes é necessário fazer o dimensionamento para se saber ao certo, qual o valor desejável de potência será injetado à rede elétrica. Com o valor da potência em kWp calculado, torna-se possível fazer a escolha do modelo e quantidades de módulos fotovoltaicos serão utilizados, em seguida fazer o arranjo fotovoltaico com estes módulos.

Na Figura 5 pode ser observado um módulo fotovoltaico da empresa canadense, CANADIAN SOLAR, modelo CS6K-300MS, este apresenta um total de 60 células fotovoltaicas feitas de Silício monocristalino.

Figura 5 - Módulo fotovoltaico CS6K-300MS da CANADIAN SOLAR



Fonte: CANADIAN SOLAR, 2017.

### 2.3.2 INVERSORES

Os inversores são dispositivos eletrônicos que transmitem energia elétrica em corrente alternada a partir de uma fonte de energia elétrica em corrente contínua (PINHO & GALDINO, 2014). A energia elétrica na saída dos módulos fotovoltaicos é em corrente contínua, o que inviabiliza a sua aplicação direta na maioria dos equipamentos que trabalham somente, em corrente alternada. Para a solução deste problema faz-se a utilização dos inversores, que são capazes de realizar a conversão desta tensão contínua para um valor de tensão alternada. Além disso, este equipamento é capaz de ajustar a frequência e nível de tensão gerada, para que o sistema possa fazer alimentação da carga ou ser conectado à rede elétrica convencional, on-grid, de acordo com as normas vigentes estabelecidas pela ANEEL.

Figura 6 - Inversor on-grid Fronius



Fonte: Fronius International Gmb

### 2.3.3 ESTRUTURAS

Para a formação de painel fotovoltaico, que é composto por um mais módulos fotovoltaicos ligados eletricamente, são utilizadas estruturas que servem para apoiar e fixar os módulos, impedindo o deslocamento dos mesmos em situações adversas.

#### 2.3.3.1 PARAFUSO ESTRUTURAL

A colocação das estruturas que irão servir como suporte e fixação os módulos fotovoltaicos, inicia-se com a colocação dos parafusos estruturais em locais previamente determinados após realizada a medição, como mostrado na Figura 7.

Figura 7 - Parafuso estrutural



Fontes: Sices Solar, 2016; Solar Nobre, 2019

### 2.3.3.2 PERFIL EM ALUMÍNIO PARA SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

Após a colocação dos parafusos estruturais, são colocados os perfis em alumínio, como mostrado na Figura 8. Os perfis devem ser colocados em paralelo para receber os módulos que serão colocados de forma alinhada.

Figura 8 - Perfil em alumínio para sistemas fotovoltaicos



Fonte: Sices Solar, 2016; Solar Nobre, 2019.

### 2.3.3.3 JUNÇÃO, PARAFUSO E PORCA

Quando se deseja criar uma base maior para receber vários módulos fotovoltaicos, é necessário realizar a conexão entre dois ou mais perfis em alumínio, com isto, é preciso utilizar 3 estruturas para realizar a união dos perfis, a Figura 9 mostra as estruturas que devem ser utilizadas para unir os perfis em alumínio.

Figura 9 - Junção, parafuso tipo martelo M10 e porca M10

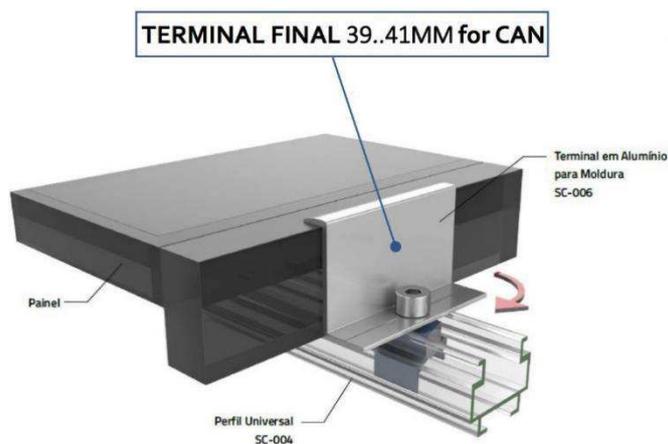


Fonte: Sices Solar, 2016

### 2.3.3.4 TERMINAL FINAL E INTERMEDIÁRIO DE FIXAÇÃO

Após a criação da base, composta por parafusos estruturais, junções, parafusos tipo martelo M10, porcas M10 e perfis em alumínio, deve-se atentar para a fixação dos módulos fotovoltaicos na base. São usadas duas estruturas para fixar os módulos FV na base, a primeira estrutura é utilizada nas extremidades, como mostrado na Figura 10.

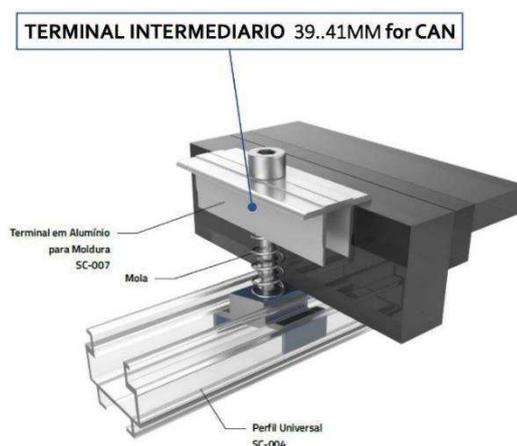
Figura 10 - Terminal final de fixação para módulos fotovoltaicos



Fonte: Sices Solar, 2016

A segunda estrutura utilizada para fixação, fica entre os módulos, como mostrado na Figura 11. Em sistemas fotovoltaicos com mais de um módulo, ambas estruturas são indispensáveis.

Figura 11 - Terminal intermediário de fixação para módulos fotovoltaicos



Fonte: Sices Solar, 2016

### 2.3.4 STRING BOX

As String Boxes tem a finalidade de receber todas as conexões dos circuitos de corrente contínua vindos do painel fotovoltaico, contém dispositivos de proteção, formados por chaves seccionadoras, fusíveis, disjuntores e dispositivos de proteção contra surtos (DPSs), produzindo uma saída (CC) devidamente protegida que se conecta à entrada CC do inversor.

As vezes a saída de corrente alternada do inversor de energia retorna para a mesma string box, e através de disjuntores (CA) e DPSs, seguem para os circuitos de distribuição de energia do local. As string box geralmente são instaladas próximas ao inversor.

Figura 12 - String box ao lado do inversor Fronius



Fonte: Mercado Livre

## 2.4 RESOLUÇÃO NORMATIVA N° 482

A partir da Resolução Normativa n° 482 da ANEEL, que passou a vigorar em 17 de abril de 2012, tornou-se possível para o consumidor brasileiro gerar sua própria energia elétrica a partir de fontes renováveis ou cogeração qualificada além de poder fornecer o excedente gerado para a rede de distribuição de sua localidade. Nesta Resolução foram definidos os tipos de geração de acordo com a potência instalada em microgeração e minigeração, a caracterização do consumidor

### 2.4.1 MICROGERAÇÃO DISTRIBUÍDA

Segundo a REN n° 482, trata-se de uma central geradora de energia elétrica, com potência instalada menor ou igual a 75 kW e que utilize cogeração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, ou fontes renováveis de energia elétrica, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras.

### 2.4.2 MINIGERAÇÃO DISTRIBUÍDA

Segundo a REN n° 482, trata-se de uma central geradora de energia elétrica, com potência instalada superior a 75 kW e menor ou igual a 5MW e que utilize cogeração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, ou fontes renováveis de energia elétrica, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras.

### 2.4.3 SISTEMA DE COMPENSAÇÃO

Este sistema trata de uma inovação trazida pela REN n° 482, tornando possível que a energia ativa injetada na rede elétrica por unidade consumidora de microgeração ou minigeração seja emprestada de forma gratuita a distribuidora local, sendo posteriormente compensada com o consumo de energia elétrica ativa.

Se a energia injetada na rede for maior que a consumida, o consumidor terá direito a um crédito em energia (kWh), a ser utilizado para abater o consumo em outro posto tarifário ou na fatura dos meses subsequentes, vale lembrar que os créditos de energia gerados são válidos por 60 meses.

As unidades consumidoras conectadas em baixa tensão (grupo B), mesmo que a energia injetada na rede seja superior ao consumo, será feito o pagamento referente ao custo de disponibilidade, para ligações monofásicas o valor em reais equivalente a 30 kWh, para ligações bifásicas será o valor de 50 kWh e 100 kWh para ligações trifásicas.

No caso de consumidores conectados em alta tensão (grupo A) será devida apenas a parcela da fatura correspondente à demanda contratada.

#### 2.4.3.1 GERAÇÃO COMPARTILHADA

Segundo a REN nº 482, esta forma de compensação é caracterizada pela reunião de consumidores, dentro da mesma área de concessão ou permissão, por meio de consórcio ou cooperativa, composta por pessoa física ou jurídica, que possua unidade consumidora com microgeração ou minigeração distribuída em local diferente das unidades consumidoras nas quais a energia excedente será compensada;

#### 2.4.3.2 AUTOCONSUMO REMOTO

Segundo a REN nº 482, esta forma de compensação é caracterizada por unidades consumidoras de titularidade de uma mesma Pessoa Jurídica, incluídas matriz e filial, ou Pessoa Física que possua unidade consumidora com microgeração ou minigeração distribuída em local diferente das unidades consumidoras, dentro da mesma área de concessão ou permissão, nas quais a energia excedente será compensada.

#### 2.4.3.3 EMPREENDIMENTO COM MÚLTIPLAS UNIDADES CONSUMIDORAS (CONDOMÍNIOS)

Segundo a REN nº 482, esta forma de compensação é caracterizada pela utilização da energia elétrica de forma independente, no qual cada fração com uso individualizado constitua uma unidade consumidora e as instalações para atendimento das áreas de uso comum constituam uma unidade consumidora distinta, de responsabilidade do condomínio, da administração ou do proprietário do empreendimento, com microgeração ou minigeração distribuída, e desde que as unidades consumidoras estejam localizadas em uma mesma propriedade ou em propriedades contíguas, sendo vedada a utilização de vias públicas, de passagem aérea ou subterrânea e de propriedades de terceiros não integrantes do empreendimento.

## 2.5 NDU 013

A Norma de Distribuição Unificada (NDU) tem como objetivos estabelecer padrões e os procedimentos de acesso, critérios técnicos e operacionais e o relacionamento operacional envolvidos na conexão de consumidores de baixa tensão, que tem interesse em utilizar cogeração qualificada ou fontes renováveis de energia elétrica, observando as exigências técnicas e de segurança recomendadas pela ABNT, e em conformidade com as Resoluções Normativas da Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL.

Os projetos devem ser aprovados pela concessionária, conforme rege a NDU 013 ENERGISA. Após a aprovação, os mesmos ficam aptos para serem realizados, ou seja, aptos para execução. Após a montagem, deverá ser encaminhado à concessionária o pedido de vistoria. Somente após a aprovação das instalações, mediante vistoria da concessionária, o sistema será considerado concluído.

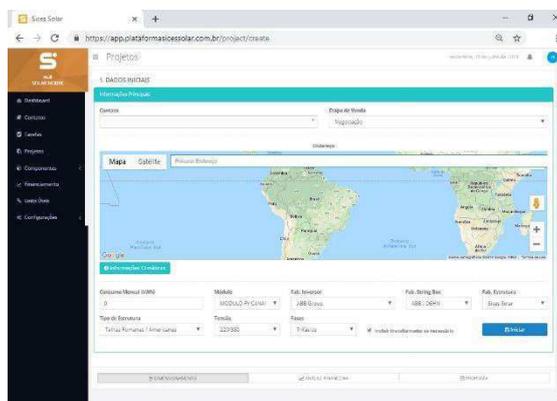
### 3 ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

As atividades que serão descritas a seguir foram realizadas durante o período de estágio e estão em conformidade com os tópicos abordados no embasamento teórico.

#### 3.1 DIMENSIONAMENTO DE SISTEMAS ON-GRID

Durante o primeiro contato com o cliente são solicitados alguns dados para que seja possível efetuar o dimensionamento do sistema fotovoltaico que atenda suas necessidades. A conta de energia possui maior parte dos dados necessários para dar início ao processo de dimensionamento, como o consumo médio mensal durante o período de um ano, a localização e o tipo de ligação existente na unidade consumidora. Outro dado importante é o tipo de estrutura onde serão implantados os módulos fotovoltaicos. De posse dos dados é realizado o dimensionamento através da plataforma da *Sices Solar* como mostrado na Figura 13.

Figura 13 - Plataforma Sices Solar



Fonte: Sices Solar, 2019

A plataforma Sices Solar permite fazer simulações alterando o fabricante e modelo de componentes como módulos fotovoltaicos, inversores, string box e estruturas, com isto, é possível gerar várias configurações para um mesmo projeto. Após colocar os dados, a plataforma realiza o dimensionamento e apresenta uma lista discriminada com o nome dos componentes e quantidades. Vale lembrar que o dimensionamento feito pela plataforma é cuidadosamente conferido durante a realização do projeto.

## 3.2 EMISSÃO DE PROPOSTAS COMERCIAIS ATRAVÉS DO DIMENSIONAMENTO E VENDA DE EQUIPAMENTOS

Após o dimensionamento feito através da plataforma *Sices Solar*, a mesma elabora um documento contendo dados a respeito da geração, análise financeira da viabilidade do projeto, lista de materiais e orçamentos. A plataforma possui diversas funções, dentre elas a de gerar o template da proposta que será enviada ao cliente.

Com a proposta comercial do sistema fotovoltaico o cliente pode avaliar se irá adquirir ou não, caso seja de seu interesse, pode ser realizado o pagamento com desconto de 3% a vista ou através do financiamento junto ao banco.

A Solar Nobre também emite propostas comerciais envolvendo apenas a venda componentes para sistemas fotovoltaicos, na Tabela 1 consta alguns componentes e seus respectivos fabricantes que são comercializados. Cada um dos componentes apresentam inúmeros modelos, caso o cliente não saiba ao certo o modelo que se adequa ao seu sistema fotovoltaico, a equipe de vendas solicita imagens e/ou dados do componente em questão caso não seja possível se deslocar até o local da instalação, realiza uma análise para indicar um semelhante ou compatível com o sistema fotovoltaico, após isto, emite uma proposta comercial ao cliente com os valores discriminados de um ou mais componentes, e caso seja de interesse, será incluído o valor do serviço de substituição.

Tabela 1 - Componentes e fabricantes comercializados pela Solar Nobre

Componentes	Fabricantes
Módulos Fotovoltaicos	Canadian Solar
	JA Solar
Inversores	ABB Group
	Fronius International Gmb
	Solar Edge
	SUNGROW
Estruturas	Sices Solar
String Box	ABB Group
	Sices Solar

Fonte: Solar Nobre, 2019

### 3.3 ELABORAÇÃO DE PROJETOS FOTOVOLTAICOS

Com a aprovação da proposta, inicia-se a elaboração do projeto fotovoltaico junto ao memorial descritivo pelo setor de engenharia da Solar Nobre, o projeto deve atender as exigências da NDU 013 para que seja aprovado pela distribuidora.

Para dar início ao projeto que será apresentado a distribuidora como parte da documentação, antes necessário ter acesso a planta baixa

Durante o estágio foi acompanhado junto ao engenheiro supervisor, a elaboração de projetos contendo:

- Planta Baixa ou Layout, contemplando a localização do padrão de entrada e o arranjo físico - elétrico do sistema de geração (localização física dos equipamentos na unidade consumidora (U.C), planta geradora, inversor, quadro de distribuição, string box e ponto de medição);
- Planta de localização, sendo necessário apresentar planta de localização georreferenciada em coordenadas em utm, identificando a localização da unidade consumidora, com ruas adjacentes/delimitações, ponto de derivação da rede da concessionária, ramal de ligação e o ponto de entrega/conexão;
- Diagrama unifilar do sistema de geração, carga, proteção e medição;
- Diagrama trifilar das instalações, contemplando desde a planta geradora ao ponto de entrega, mostrando as ligações, identificando os condutores, conexões e elementos de proteção entre os diversos equipamentos.

## 4 CONCLUSÃO

Durante a realização do estágio, ficou evidente a importância do mesmo como componente curricular para o estudante de Engenharia. O convívio com profissionais experientes além de aumento no aprendizado e desenvolvimento de novas habilidades, fornece uma visão mais madura do que virá pela frente.

Durante a realização do estágio, as disciplinas vistas na graduação tiveram grande importância, servindo como base para a aplicação nas tarefas que foram desenvolvidas.

Vale salientar o conhecimento adquirido no estágio em relação a sistemas fotovoltaicos, tanto de sistemas isolados como conectado à rede, desde a especificação de projetos, como entendimento do funcionamento dos seus equipamentos e conhecimento sobre as normas regentes no Brasil

Por fim, conclui-se que o estágio atingiu plenamente aos objetivos propostos.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] VILLALVA, Marcelo Gradella. *Energia solar - conceitos e aplicações*. 2. ed. São Paulo: Érica, 2015.
- [2] ALVARENGA, D.; MELO, L. *Sistemas fotovoltaicos conectados à rede*. G1, 2017. Disponível em: <<http://https://g1.globo.com/economia/educacao-financeira/noticia/ibovespa-foi-melhor-investimento-em-2017-veja-ranking-de-aplicacoes.ghtml>>.
- [3] PINHO, J.; GALDINO, M. *Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos*. Rio de Janeiro: Cepel-Cresesb, 2014.
- [4] ANEEL, C. T. *Micro e minigeração distribuída. Sistema de compensação de energia elétrica*. Brasília, DF, Brasil: Centro de Documentação–Cedoc, 2014.
- [5] CEPEL – CENTRO DE PESQUISAS DE ENERGIA ELÉTRICA; CRESESB – CENTRO DE REFERÊNCIA PARA ENERGIA SOLAR E EÓLICA SÉRGIO BRITO. *Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos*. Rio de Janeiro, RJ: Especial 2014.
- [6] NORMA DE DISTRIBUIÇÃO UNIFICADA. NDU 001: Fornecimento de energia elétrica em tensão secundária, 2015, Disponível em:  
< [www.energisa.com.br/Normas%20Tcnicas/ndu001.pdf](http://www.energisa.com.br/Normas%20Tcnicas/ndu001.pdf) >
- [7] NORMA DE DISTRIBUIÇÃO UNIFICADA. NDU 013: Critérios para a conexão de acessantes de geração distribuída ao sistema de distribuição da energisa – Conexão em baixa Tensão, 2015, Disponível em:  
<[www.energisa.com.br/Normas%20Tcnicas/ndu013.pdf](http://www.energisa.com.br/Normas%20Tcnicas/ndu013.pdf)>