

CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA



KAIRO FILLIPE DOS SANTOS SILVA



Universidade Federal
de Campina Grande

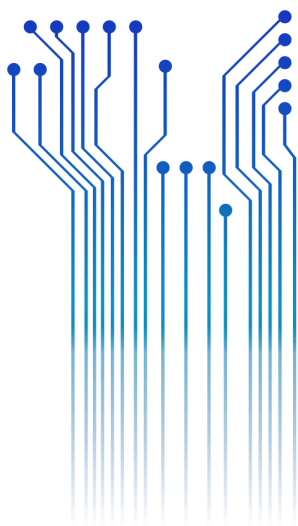


Centro de Engenharia
Elétrica e Informática

RELATÓRIO DE ESTÁGIO



Departamento de
Engenharia Elétrica



Campina Grande
2019

KAIRO FILLIPE DOS SANTOS SILVA

PRS ENGENHARIA LTDA

*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: Eletrotécnica

Professor Ronimack Trajano Souza, Dr.

Orientador

Campina Grande

2019

KAIRO FILLIPE DOS SANTOS SILVA

PRS ENGENHARIA LTDA

*Relatório de Estágio Integrado submetido à
Coordenação 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: Eletrotécnica

Aprovado em / /

Professor Célio Anésio da Silva, Dr.
Universidade Federal de Campina Grande
Avaliador

Professor Ronimack Trajano de Souza, Dr.
Universidade Federal de Campina Grande
Orientador

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, que me deu força e coragem durante toda essa longa caminhada, ele é minha bandeira, o meu guia, minha luz e a ele toda honra e toda glória.

Aos meus pais, Raimunda e Jacob, que me deram total apoio e me ensinaram a ser a pessoa que sou hoje, pois nada disso seria possível sem eles.

A minha família, por sempre me apoiar nos momentos mais difíceis e me fazer continuar acreditando. Agradeço a minha tia Gildete, eu jamais serei capaz de retribuir todo carinho e incentivo que recebi de você. Deixo um agradecimento especial aos meus avós, João e Anacília, que são os meus maiores exemplos de luta e determinação nessa vida.

Agradeço à minha namorada, Daymara, por estar ao meu lado nos momentos bons e difíceis. Obrigado por ser tão atenciosa e por entender a minha ausência em certos momentos.

Agradeço aos amigos que fiz durante todo o curso, que me ajudaram nessa grande jornada, em especial: Dyego, Gotta, Carlos Ângelo, Wesley, João Paulo, Pablo, Lucas, Glauber, Laíza, Rafael, Marília, Aquiles, Marcos, Gilvan e Felipe.

Agradeço a PRS, pela oportunidade importante para o meu crescimento profissional, especialmente ao engenheiro Pablo Silvestre por me ajudar com os ensinamentos oferecidos durante o meu estágio.

À instituição Universidade Federal de Campina Grande, que ao longo da minha formação me ofereceu um ambiente de estudo agradável, motivador e repleto de oportunidades.

Agradeço a todos os professores e funcionários do departamento de engenharia elétrica e em especial ao professor Ronimack Trajano por ter aceitado colaborar com a atividade e auxiliar na construção do relatório.

Enfim, agradeço a todos que de alguma forma passaram ao longo de minha vida e colaboraram na formação da pessoa que sou hoje.

RESUMO

Nesse trabalho são descritas as atividades de estágio integrado, disciplina obrigatória e necessária para aquisição do título de Engenheiro Eletricista do curso de Engenharia Elétrica da Universidade federal de Campina Grande. O estágio foi realizado pelo estagiário Kairo Fillipe dos Santos Silva na empresa PRS ENGENHARIA LTDA localizada em Floriano-PI, no período de 5 de novembro de 2018 a 8 de março 2019, sendo totalizada uma carga horária de 708 horas. Durante o estágio foram realizadas a manutenção de um sistema fotovoltaico *on grid* do posto de combustível Gurguéia, instalação do sistema fotovoltaico *on grid*, uso do terrômetro para medição da resistência de aterramento de equipamentos elétricos da construtora Estrela da Manhã.

Palavras-chave: Estágio, Instalação, Sistema Fotovoltaico, PRS ENGENHARIA.

ABSTRACT

In this work are described the activities of integrated internship, compulsory and necessary discipline to acquire the title of Electrical Engineer of the Electrical Engineering course of the Federal University of Campina Grande. The internship was carried out by trainee Kairo Fillipe dos Santos Silva in the company PRS ENGENHARIA LTDA located in Floriano-PI, from November 5, 2018 to March 8, 2019, with a total workload of 708 hours. During the internship, a photovoltaic system was maintained on grid of the Gurguéia fuel station, installation of the photovoltaic system on grid, use of the terrometer to measure the ground resistance of electrical equipment of the construction company Estrela da Manhã.

Keywords: Stage, Installation, Photovoltaic System, PRS ENGINEERING.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Sistema Solar Fotovoltaico conectado à rede elétrica (<i>on-grid</i>).....	11
Figura 2: Sistema Solar Fotovoltaico Isolado (<i>off-grid</i>).....	12
Figura 3: Método da queda de potencial.	16
Figura 4: Vista aérea dos módulos.	18
Figura 5: Inversores Danificados (1), (2) e (3).....	19
Figura 6: String-box (1) e Inversor (2) conectados.	19
Figura 7: Fotografia do telhado com os suportes fixos e fixação dos módulos.....	21
Figura 8: Fotografia dos módulos instalados.....	21
Figura 9: Fotografia da malha de aterramento do inversor.	22
Figura 10: Conexão do inversor (2) com a <i>string box</i> CC (1) e <i>string box</i> CA (3).....	22
Figura 11: Malha de aterramento da betoneira.	23
Figura 12: Terrômetro Digital MTR-1530.	24

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Resultado da resistência da malha de aterramento da betoneira.	24
Tabela 2: Resultado da resistência da malha de aterramento do bebedouro.	24
Tabela 3: Resultado da resistência da malha de aterramento da betoneira depois do procedimento.	25
Tabela 4: Resultado da resistência da malha de aterramento do bebedouro depois do procedimento.	26

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ART	Anotação de Responsabilidade Técnica
CA	Corrente Alternada
CC	Corrente Contínua
Cepisa	Companhia Energética do Piauí AS
CREA	Conselho Regional de Engenharia e Agronomia
DPS	Dispositivo de Proteção contra Surtos
Hz	Hertz
kA	Quiloampere
kW	Quilowatt
kWp	Quilowatt-pico
MTE	Ministério do Trabalho e Emprego
NBR	Norma Brasileira
NR	Norma Regulamentadora
UFMG	Universidade Federal de Campina Grande
V	Volt
W	Watt
Wp	Watt-pico

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	8
1.1	Objetivo	8
1.1.1	Objetivo Geral	8
1.1.2	Objetivos Específicos	8
1.2	Estrutura do Trabalho	9
2	PRS ENGENHARIA LTDA	9
3	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	10
3.1	Sistema de Energia Solar Fotovoltaico	10
3.2	Projeto Elétrico de Baixa Tensão.....	13
3.3	NR 10.....	15
3.4	NBR 5410	15
3.5	NBR 15749	16
3.6	NT.001.EQTL.....	17
3.7	NT.020.EQTL.....	17
4	ATIVIDADES DESENVOLVIDAS	18
4.1	Acompanhamento da Troca de Inversores de um Sistema Fotovoltaico <i>on-grid</i> 18	
4.2	Instalação do Sistema Fotovoltaico Residencial.....	20
4.3	Laudo de Aterramento de Equipamentos.....	23
5	CONCLUSÃO	26
	REFERÊNCIAS	27
	ANEXO A – Diagrama Unifilar do Projeto Fotovoltaico Residencial	29

1 INTRODUÇÃO

No presente relatório descreve-se as atividades realizadas pelo estagiário Kairo Fillipe, na empresa PRS ENGENHARIA LTDA localizada na cidade de Floriano-PI. Com intuito de buscar no mercado de trabalho um espaço de aprendizado que complementa a compreensão da prática dos conteúdos estudados. Pois, a realização de experimentos e atividades práticas é um fator determinante que ajuda a tornar a aprendizagem mais eficiente na medida em que torna o aprendizado mais significativo.

Com isso, será abordado no decorrer do desenvolvimento o acompanhamento de tarefas elaboradas durante o estágio, sempre relacionando os conhecimentos teóricos com a prática.

1.1 OBJETIVO

1.1.1 OBJETIVO GERAL

Atuar na área de Energia Fotovoltaica, colocando em prática conhecimentos teóricos adquiridos durante a graduação.

1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

São objetivos específicos desse estágio:

- Acompanhar o projeto de criação do sistema solar fotovoltaico;
- Auxiliar na montagem de placas e conexões;
- Contribuir na medição de resistência de aterramento da malha de equipamentos elétricos para a realização do laudo de aterramento;
- Integrar-se com o mercado de trabalho.

1.2 ESTRUTURA DO TRABALHO

A Seção 1 é introdutória, contextualiza o trabalho. Na Seção 2 é descrita um pouco sobre a empresa onde foi realizado o estágio, no caso a PRS ENGENHARIA LTDA.

Na Seção 3 é descrita de forma resumida o material de estudo para a realização das atividades durante o período do estágio

Na seção 4 são descritas as atividades desenvolvidas durante o período estágio. Na seção 5 é apresentada a conclusão desse relatório.

2 PRS ENGENHARIA LTDA

A PRS ENGENHARIA LTDA possui a sua sede na Avenida Bucar Neto, 2086, Bom Lugar, na cidade de Floriano- Piauí. Foi fundada em Julho de 2017, pelo engenheiro eletricitista Pablo Ribeiro Silvestre. Atualmente conta com uma equipe formada por um engenheiro eletricitista, dois eletricitistas e um arquiteto.

A empresa atua de forma efetiva procurando sempre oferecer um atendimento de qualidade para seus clientes, elaborando e executando projetos que atendam as normas técnicas. Elabora projetos de instalações elétricas de baixa, média e alta tensão, laudos técnicos, construção civil, locação de máquinas, munck e entre outros serviços. A PRS ENGENHARIA tem como principais clientes:

- Posto Gurguéis;
- Floriano Shopping;
- Construtora estrela da Manhã;
- Hotel Cajueiro.

A PRS prima pela busca da satisfação e compromisso com o cliente. Todo o material elétrico, equipamentos e dispositivos disponibilizados para o cliente são escolhidos através de uma análise técnico-econômica. Dentre os fornecedores podemos destacar:

- FRONIUS;
- QCELLS;
- SCHNEIDER;

- CANADIAN
- Steck;
- Sil.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nesta seção apresenta-se os principais tópicos que auxiliaram no conhecimento e compreensão para a realização das atividades do estágio e entendimento deste relatório. A seguir, serão apresentadas informações sobre sistema de energia solar fotovoltaico, projeto elétrico de Baixa Tensão, assim como as normas que regulam estas atividades.

Os projetos e as atividades realizadas durante o período do estágio atendem aos requisitos das normas recomendadas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), pelo Ministério do Trabalho e Emprego (MTE) e pela concessionária de energia elétrica Cepisa / Equatorial.

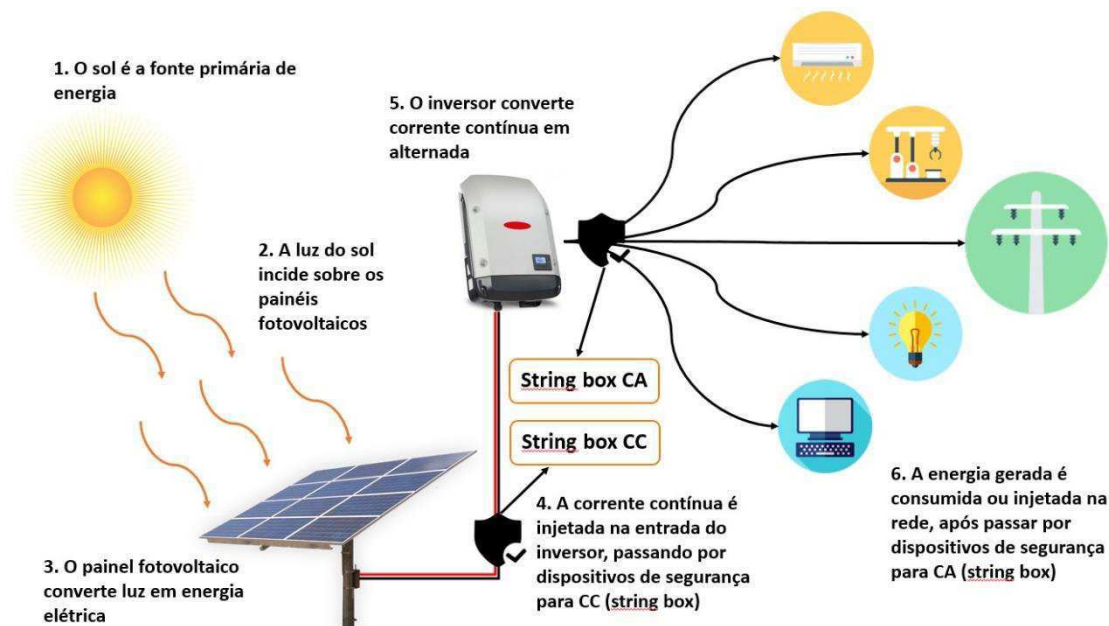
3.1 SISTEMA DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICO

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 Conectados à Rede (*on-grid*) e Sistemas Isolados (*off-grid*).

Os sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica (*on-grid*), atuam em paralelo com a rede de eletricidade, são utilizados em áreas já atendidas por energia elétrica. Por não possuírem dispositivos de armazenamento de energia, todo excesso de energia produzida pelo sistema é introduzido na rede elétrica.

Esse sistema é formado por um conjunto de módulos fotovoltaicos, responsável pela geração de energia, inversores, responsável pela conversão CC-CA para conectar à rede elétrica, além de dispositivos de proteção e medição da energia gerada pelo sistema. Na Figura 1 apresenta-se esse tipo de sistema.

Figura 1: Sistema Solar Fotovoltaico conectado à rede elétrica (*on-grid*).



Fonte: <https://vocesolar.com.br/wp-content/uploads/2018/10/Tudo-sobre-energia-solar-Sistema-on-grid-completo.jpg>

Os módulos fotovoltaicos captam a luz do Sol e a transformam em energia solar fotovoltaica. Essa energia passa pelo inversor onde faz a conversão CC-CA e destina a energia para o circuito residencial/comercial ou à rede elétrica.

Além de realizar a conversão CC-CA, o inversor tem a função de controlar a corrente a ser inserida na rede de onde possui forma senoidal e apresente sincronização com a frequência da rede, além de atender as exigências determinadas pela concessionária de energia.

O excesso de energia produzida pelos painéis será enviado para a rede elétrica. A energia passará por um medidor bidimensional ou por um medidor unidimensional que são localizados no padrão de entrada, que fará a medição da energia produzida pelos módulos fotovoltaicos.

Os dispositivos de proteção, são empregados para proteção e impedir qualquer tipo de dano ao sistema gerador e no sistema elétrico. Normalmente são formados por dispositivos contra surto (DPS) e disjuntores.

Os sistemas isolados (*off-grid*) para geração de energia solar fotovoltaica são caracterizados por não se conectar à rede elétrica. Os Sistemas isolados operam em locais remotos ou onde o custo de se conectar à rede elétrica é elevado. São utilizados em casas de campo, refúgios, iluminação, telecomunicações, bombeio de água, etc. A energia produzida é armazenada em baterias que garantem o abastecimento em períodos sem sol.

Esse sistema conta com uma unidade responsável pelo controle e condicionamento de potência composta por inversor e controlador de carga apresentado na Figura 2 a seguir.

Figura 2: Sistema Solar Fotovoltaico Isolado (*off-grid*).



Fonte: https://neosolar.com.br/images/saiba-mais/energia_solar_fotovoltaica-off-grid.jpg.

O principal motivo de utilizar um sistema de energia solar fotovoltaica é forma limpa e sem danos a natureza de se gerar energia elétrica e por ser uma fonte de energia renovável baseada no sol.

As principais vantagens para o cliente adotar o sistema fotovoltaico são:

- **Energia renovável e sustentável:** a radiação solar é um fenômeno natural não poluente e tem a grande vantagem de ser inesgotável.
- **Não ocupa espaço útil:** nos projetos residenciais, os painéis solares são geralmente instalados nos telhados das casas ou prédios, ou seja, em espaços não utilizados das construções.
- **Sistema modular:** o sistema fotovoltaico permite adição de mais painéis solares, quando for necessária a ampliação da geração elétrica.
- **Baixa manutenção:** os equipamentos e componentes do sistema são de tecnologia simples, por isso a necessidade de manutenção é mínima. A duração, em termos de vida útil dos componentes, é longa.
- **Redução de custos:** embora o custo inicial de implantação ainda seja alto, já se verifica uma tendência contínua de queda dos preços, devido ao aumento da aplicação desse tipo de geração de energia. A fonte operacional de energia solar é gratuita.

Com o aumento do número de unidades de geração distribuída conectadas às redes elétricas de baixa tensão, a preocupação com a influência destas fontes renováveis de energia sobre o desempenho do sistema e qualidade da energia elétrica vem ganhando especial atenção. Segundo Begovic (2001), as principais influências da geração distribuída em sistemas elétricos são:

- Influência na proteção do sistema;
- Influência na qualidade de energia elétrica;
- Elevação das correntes elétricas em situações de faltas;
- Variações do perfil em regime permanente.

3.2 PROJETO ELÉTRICO DE BAIXA TENSÃO

O Projeto Elétrico consiste na determinação de materiais, seu dimensionamento e quantidade, além de detalhar como serão feitas as instalações que demandam energia elétrica após o término da obra.

No projeto elétrico o responsável pela execução, geralmente um eletricista, possui todas as informações necessárias para fazer corretamente as instalações elétricas na obra. Nele está indicado a colocação dos conduítes e condutores, com a designação de suas bitolas, posicionamento de luminárias, tomadas e interruptores, caixas de distribuição, etc.

A elaboração de um projeto elétrico deve ser realizada por especialistas, Engenheiro Civil, Técnico em Eletrotécnica e arquitetos quando se trata de projetos mais simples, projetos residenciais, por exemplo, e para projetos mais elaborados, existe a obrigatoriedade de que seja feito pelo Engenheiro Eletricista, exigência a qual é determinada pelo órgão regulamentador CREA (Conselho Regional de Engenharia e Agronomia) que, além disso, exige também a emissão de uma ART (Anotação de Responsabilidade Técnica) que confirma atribuição do profissional para aquele serviço.

Para chegar até o momento da execução do projeto elétrico existem inúmeros processos a serem seguidos, um dos principais deles é a aprovação na concessionária de energia. Os procedimentos adotados na concessionária do estado do Piauí Cepisa / Equatorial para aprovação de projetos são baseados em dois passos, o primeiro é

solicitação de estudo de viabilidade técnica e o segundo é a solicitação para análise de projeto e extensão de rede.

Todo projeto elétrico deve seguir as normas de instalações elétricas como a NBR 5410 Instalações Elétricas de baixa tensão, a NR 10 Segurança em instalações e serviços em eletricidade, a NBR 15749 Medição de resistência de aterramento e de potenciais na superfície do solo em sistemas de aterramento. Já as normas técnicas da própria Cepisa / Equatorial utilizadas em projetos de baixa tensão são a NT001EQTL Fornecimento de energia elétrica em baixa tensão e a NT020EQTL Conexão de microgeração distribuída ao sistema de distribuição. Essas normas citadas foram utilizadas para a realização das atividades do estagiário.

Sendo a representação escrita de uma instalação, o projeto consiste basicamente em desenhos e documentos. De uma maneira geral, o projeto de instalações elétricas possui as seguintes etapas:

- Informações Preliminares;
- Quantificação do Sistema;
- Determinação do Padrão de Atendimento;
- Desenho das Plantas;
- Dimensionamento;
- Quadros de Distribuição e Diagramas;
- Elaboração dos Detalhes Construtivos;
- Memorial Descritivo;
- Memorial de Cálculo;
- Elaboração das Especificações Técnicas;
- Elaboração da Lista de Material;
- ART (Anotação de Responsabilidade Técnica);
- Análise da Concessionária;
- Revisão do Projeto (se necessário);
- Aprovação da Concessionária;

3.3 NR 10

NR-10 é a Norma Regulamentadora emitida pelo Ministério do Trabalho e Emprego do Brasil (MTE) que tem por objetivo garantir a segurança e a saúde dos trabalhadores que interagem com instalações e serviços em eletricidade. Esta norma regulamentadora abrange todas as fases da transformação de energia elétrica e todos os trabalhos realizados com eletricidade ou em suas proximidades: geração, transmissão, distribuição e consumo, incluindo as etapas de projeto, construção, montagem, operação, manutenção das instalações elétricas, e quaisquer trabalhos realizados nas suas proximidades.

O estagiário não possui o curso de NR 10, mas em todas as atividades teve o acompanhamento de profissionais capacitados para auxiliar nas medidas de segurança necessárias.

3.4 NBR 5410

A NBR 5410, é uma norma com aplicação em instalações elétricas de baixa tensão. Esta estipula as condições adequadas para o funcionamento usual e seguro das instalações elétricas de baixa tensão, ou seja, até 1000 V em tensão alternada e 1500 V em tensão contínua. A NBR 5410 tem como objetivo regulamentar as instalações elétricas de baixa tensão em ponto predial, residencial e comercial, etc.

Esta norma é aplicada principalmente em instalações prediais, públicas, comerciais, etc. Para o profissional da área funciona como um guia, sobre o que se deve ou não fazer, ela traz um texto diferenciado explicando e colocando regras em instalações de baixa tensão, e faz grande diferença conhecê-la e acima de tudo aplicá-la. Conhecer a norma e os tópicos nela propostos esclarece muitas das dúvidas dos profissionais da área.

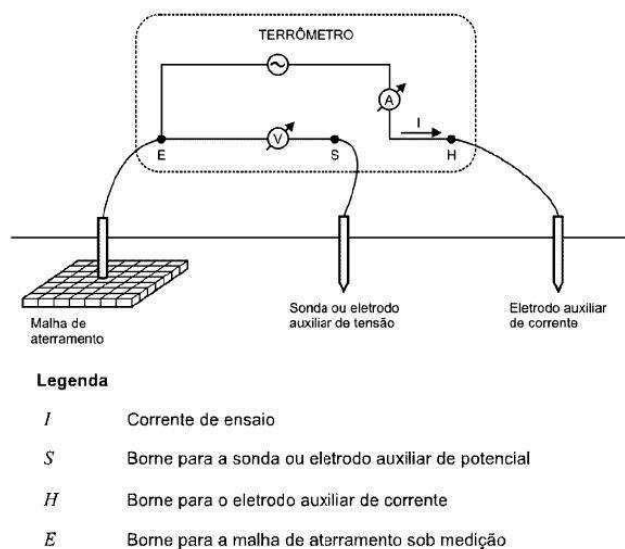
Esta norma foi aplicada para as realizações das atividades em projetos de baixa tensão, servindo de auxílio para as etapas do projeto.

3.5 NBR 15749

A NBR 15749, denominada medição de resistência de aterramento e de potenciais na superfície do solo em sistemas de aterramento, estabelece os critérios e métodos de medição de resistência de sistemas de aterramento e de potenciais na superfície do solo, bem como define as características gerais dos equipamentos que podem ser utilizados nas medições.

Para a realização da medição da resistência de aterramento foi utilizado o método da queda de potencial. Este método é recomendado para medições por meio de equipamentos específicos, por exemplo, o terrômetro. O método consiste basicamente em fazer circular uma corrente por meio de um circuito compreendido pela malha de aterramento que queremos saber o valor da resistência ôhmica de aterramento (resistência elétrica entre o terminal de aterramento principal de uma instalação elétrica e o terra), um trecho da terra e um eletrodo auxiliar de corrente. Simultaneamente deve-se medir a tensão entre a malha e o terra de referência (terra remoto) por meio de uma sonda ou eletrodo auxiliar de potencial. Na Figura 3 mostra-se, de forma esquemática, como é feita a medição.

Figura 3: Método da queda de potencial.



Fonte: (ABNT NBR 15749, 2009).

Além dos métodos da queda de potencial e da queda de potencial com injeção de alta corrente, a ABNT NBR 15749 normaliza o método síncrono à frequência industrial; o método do batimento; o método de injeção de corrente com amperímetro, voltímetro e wattímetro adicional; e métodos alternativos de medição com as instalações energizadas.

Trata ainda dos seguintes assuntos decorrentes: compensação capacitiva, especificação de equipamentos para execução dos ensaios e informações sobre o terrômetro alicate.

Esta norma foi aplicada para a realização das medições da resistência de aterramento para elaboração do laudo de aterramento de equipamentos elétricos da construtora Estrela da Manhã.

3.6 NT.001.EQTL

A NT.001.EQTL é uma norma técnica da Cepisa/Equatorial que é utilizada para o Fornecimento de Energia Elétrica em Baixa Tensão. A sua finalidade é estabelecer regras e recomendações para a elaboração e execução de projetos de novas instalações, reforma e ampliação de instalações já existentes, de unidades consumidoras de uso individual, ou de Múltiplas Unidades com padrão de medição agrupada, a fim de possibilitar o fornecimento de energia elétrica com tensões nominais de 380/220 ou 220/127 V, respeitando-se o que prescrevem as legislações oficiais, as normas da ABNT e os documentos técnicos em vigor no âmbito da concessionária.

Aplicam-se às instalações consumidoras individuais novas, ampliações e reformas, não agrupadas, atendidas em Baixa Tensão, localizadas nas zonas urbanas ou rurais que pela localização necessitam de medição individualizada.

Esta norma foi aplicada para a determinação do padrão de atendimento do cliente.

3.7 NT.020.EQTL

A NT020EQTL, é uma norma técnica da Cepisa/Equatorial denominada de Conexão de Microgeração Distribuída ao Sistema de Distribuição. É aplicada exclusivamente aos acessantes com microgeração distribuída, participantes do sistema de compensação de energia elétrica, conectadas à rede de distribuição em BT por meio de instalações de unidades consumidoras, enquadradas como individual, autoconsumo remoto, geração compartilhada e empreendimentos de múltiplas unidades consumidoras, respectivamente.

Esta norma foi aplicada para as realizações das atividades em projetos fotovoltaicos, servindo de auxílio em todas as etapas do projeto.

4 ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

Na PRS ENGENHARIA LTDA foram efetuadas várias atividades, onde em sua grande maioria houve atuação em supervisão de projetos realizados pela empresa.

O estágio iniciou-se com o acompanhamento da troca de inversores de um sistema fotovoltaico *on-grid* (conectado à rede elétrica) de um posto de combustível, posteriormente, com uma instalação de um sistema fotovoltaico *on-grid* (conectado à rede de distribuição de energia elétrica local) na residência de um cliente da empresa, logo depois, houve participação um laudo de aterramento de equipamentos.

4.1 ACOMPANHAMENTO DA TROCA DE INVERSORES DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO *ON-GRID*

A primeira atividade do estagiário foi acompanhar a troca de inversores do sistema fotovoltaico conectado à rede de distribuição elétrica no posto de combustível Gurguéia, localizado na cidade de Guadalupe-PI.

Esse sistema fotovoltaico *on grid* que possui potência de 16,8 kWp, é constituído por 2 arranjos com 18 módulos fotovoltaicos monocristalinos Yingli 240 Wp, 2 arranjos com 17 módulos fotovoltaicos Yingli 240 Wp e 4 inversores trifásicos da marca Sunumo de 5kW.

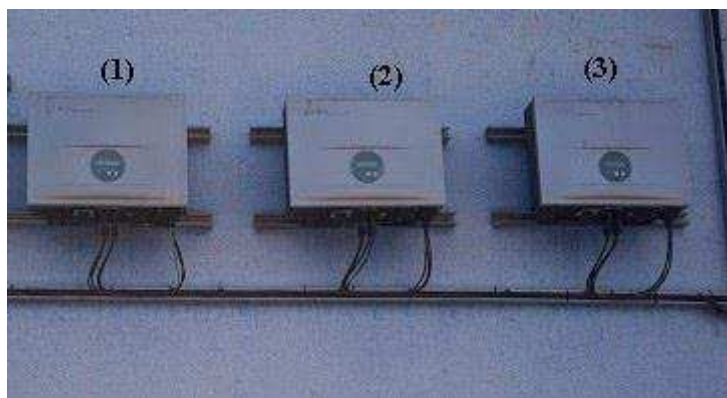
Figura 4: Vista aérea dos módulos.



Fonte: <https://i.ytimg.com/vi/SB2-pq5TZWg/maxresdefault.jpg>.

Na manutenção do sistema fotovoltaico foi feita a troca dos 4 inversores por um inversor de 15 kW da marca Fronius. Foi ainda instalada uma *string box de corrente contínua*. Depois de feita a troca dos inversores, o sistema ficou com uma nova configuração dos módulos fotovoltaicos, constituído por 2 arranjos com 35 módulos fotovoltaicos Yingli 240 Wp conectados ao inversor de 15 kW. O estagiário acompanhou de perto a execução do serviço do engenheiro e electricista, registrando fotos detalhadas da atividade mostradas nas Figuras 5 e 6 abaixo. Na Figura 5 apresenta-se os inversores danificados que apresentavam danos causados por sobrecorrente, o erro foi verificado no display dos inversores. Observando que os inversores não possuíam string box CC para a sua proteção a solução para o defeito foi a troca dos inversores, pois não era mais possível reparar os danos.

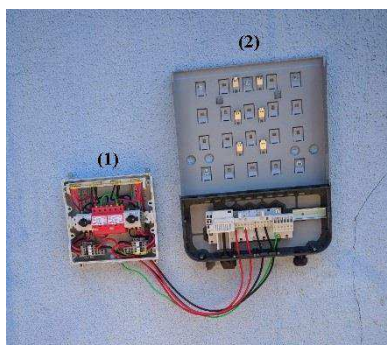
Figura 5: Inversores Danificados (1), (2) e (3).



Fonte: Próprio Autor.

A Figura 6 apresenta a string-box CC conectada ao inversor antes de ser conectada aos módulos.

Figura 6: String-box (1) e Inversor (2) conectados.



Fonte: Próprio Autor.

Para realização dessa manutenção foi necessária uma equipe composta de um eletricista, engenheiro eletricista e um estagiário de engenharia elétrica. O tempo necessário para realização foi de um dia. As dificuldades encontradas na atividade foram à execução do reagrupamento dos módulos para uma nova configuração, pois estavam posicionados em uma área de difícil acesso, não foi possível o acesso do estagiário por medidas de segurança. Outro fato que foi observado foram as posições dos inversores da geração que estavam em uma altura muito elevada ocasionando um difícil acesso. O inversor instalado foi posicionado em uma altura mais baixa favorecendo um melhor acesso.

Para essa atividade foram utilizados conceitos da disciplina geração de energia elétrica que foi visto os conceitos da energia solar fotovoltaica, da disciplina Operação e Controle de Sistemas Elétricos, que foram vistos conceitos da microgeração distribuída, a norma NR10 que foram usados conceitos da disciplina de instalações elétricas, do laboratório de circuitos elétricos 1, para o teste de continuidade com multímetro e associação dos módulos. As atividades que não foram vistas em sala de aula. Foram a utilização de ferramentas como furadeira, parafusadeiras, etc.

4.2 INSTALAÇÃO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO

RESIDENCIAL

A segunda atividade do estagiário foi acompanhar a instalação do sistema fotovoltaico conectado à rede de distribuição elétrica.

A potência instalada do sistema é 5,11 kWp e os equipamentos utilizados na instalação foram:

- 1 Inversor de frequência *On-Grid* Monofásico Fronius 4 kW;
- 1 Arranjo com 14 Módulos Fotovoltaicos Monocristalino QCELLS 365 Wp em série;
- 1 *String box* de proteção de corrente contínua;
- 1 Quadro de proteção de corrente alternada;
- 4 Trilhos e suportes de alumínio para fixação das placas;
- 23 m de Cabo Solar 6mm² - 0,6/1kV;

- 32 Conectores MC4.

O estagiário acompanhou de perto o trabalho do engenheiro, técnicos e eletricitistas, registrando com fotografias detalhes da instalação, como mostrado nas Figuras 7, 8 e 9. Na Figura 7 apresenta-se a fixação dos módulos sobre os trilhos de fixação realizada pelo técnico responsável utilizando equipamentos de proteção individual adequados.

Figura 7: Fotografia do telhado com os suportes fixos e fixação dos módulos.



Fonte: Próprio Autor.

Na Figura 8 apresenta-se 14 módulos fotovoltaicos, que ocupa uma área de 27,29 m², conectados em série fixados sobre o telhado da residência com todos os cabos solares conectados. Os módulos foram fixados com uma inclinação de 15° em relação ao solo e orientados ao norte geográfico.

Figura 8: Fotografia dos módulos instalados.



Fonte: Próprio Autor.

Na Figura 9 apresenta-se o sistema de aterramento do inversor. Foram instaladas 3 hastes de aterramento de aço cobreado com 25 mm de diâmetro e 2,4 m de comprimento. As três hastes foram interligadas por um cabo de aterramento com 10 mm de diâmetro.

Para a fixação da haste com o cabo de aterramento foi utilizado o grampo para haste de aterramento em aço estanhado cobreado. Foi utilizado eletroduto rígido com 16 mm de diâmetro para a proteção do condutor de aterramento.

Figura 9: Fotografia da malha de aterramento do inversor.



Fonte: Próprio Autor.

Na Figura 10 apresenta-se o inversor conectado a *string box* CC e *string box* CA, equipamentos responsáveis pela proteção do sistema fotovoltaico instalado, antes de ser conectado aos módulos fotovoltaicos. Para segurança da conexão do sistema foi realizado teste de continuidade dos cabos através do multímetro antes de acionar o sistema.

Figura 10: Conexão do inversor (2) com a *string box* CC (1) e *string box* CA (3).



Fonte: Próprio Autor.

Para realização dessa obra, foi necessária uma equipe composta de um eletricista, dois auxiliares, um engenheiro eletricista, um estagiário de engenharia. O tempo de execução foi de 5 dias.

Nenhuma adequação física foi necessária para a implantação do gerador fotovoltaico. Um risco importante para se considerar é a segurança no momento da instalação, já que os painéis foram instalados em cima do telhado, onde os instaladores estavam aptos a trabalhar em altura e com todos os equipamentos de proteção necessários.

O diagrama unifilar do projeto encontra-se no Anexo A.

Para essa atividade foram utilizados os mesmos conceitos utilizados na atividade anterior, conceitos da disciplina geração de energia elétrica, bem como os conceitos da energia solar fotovoltaica, da disciplina Operação e Controle de Sistemas Elétricos e foram vistos conceitos da microgeração distribuída, a norma NR10 que foram usados conceitos da disciplina de instalações elétricas, do laboratório de circuitos elétricos 1, para o teste de continuidade com multímetro e associação dos módulos. A atividade que não foi vista em sala de aula: a utilização de ferramentas como furadeira, parafusadeiras, etc.

4.3 LAUDO DE ATERRAMENTO DE EQUIPAMENTOS

A atividade tinha como finalidade a medição da resistência da malha de aterramento da betoneira (Figura 11) e do bebedor da obra da construtora Estrela da Manhã, para a elaboração do laudo de aterramento dos equipamentos elétricos.

Figura 11: Malha de aterramento da betoneira.



Fonte: Próprio Autor.

O instrumento utilizado para efetuar as medições foi o terrômetro digital modelo MTR-1530 da marca Minipa ilustrado na Figura 12 abaixo.

Figura 12: Terrômetro Digital MTR-1530.



Fonte: Próprio Autor.

Antes de começar as medições foi verificado se o instrumento apresentava algum dano ou defeito. O método para realizar as medições foi método da queda de potencial, descrito na norma NBR 15749.

Os resultados obtidos são indicados na Tabela 1 para a medição do aterramento da betoneira, essa malha de aterramento possui 3 hastes de terra com 2,4 m de comprimento e 25mm de diâmetro cada uma.

Tabela 1: Resultado da resistência da malha de aterramento da betoneira.

E Posição em relação a haste medida(m)	P Posição em relação a haste medida(m)	C Posição em relação a haste medida(m)	Resistência (Ω)
0	11	18	72,47
0	12	18	70,72
0	10	18	65,15

Fonte: Próprio Autor.

Na Tabela 2 apresenta-se o resultado das medições da malha de aterramento do bebedouro, que possui as mesmas características da malha de aterramento da betoneira.

Tabela 2: Resultado da resistência da malha de aterramento do bebedouro.

E Posição em relação a haste medida(m)	P Posição em relação a haste medida(m)	C Posição em relação a haste medida(m)	Resistência (Ω)
0	11	18	73,52
0	12	18	69,35
0	10	18	65,21

Fonte: Próprio Autor.

De acordo com os resultados obtidos, seguindo o procedimento da norma NBR 15749, os valores da resistência da malha de aterramento da betoneira e do bebedouro são 69,45 e 69,36 Ω , respectivamente, valores esperados pois os solos dos equipamentos possuíam as mesmas características. Verifica-se que as medições das duas malhas de aterramento possuem valores muito acima do valor estabelecido pelos padrões da empresa na ordem de 10 Ω .

Devido a essa grande diferença de valor da resistência do solo, o engenheiro eletricista responsável determinou que acrescentasse mais 4 hastes de aterramento com as mesmas características das malhas de aterramento dos equipamentos elétricos em estudo e realizar um tratamento do solo adicionando *GEM (GROUND ENHANCEMENT MATERIAL)*, sigla em inglês do produto para reduzir o valor de resistência de aterramento em todas as hastes de aterramento já que foi verificado que o mesmo é extremamente seco.

Depois de realizada as atividades determinadas pelo engenheiro e verificado as conexões da malha de aterramento, foram obtidos os resultados indicados na Tabela 3.

Tabela 3: Resultado da resistência da malha de aterramento da betoneira depois do procedimento.

E Posição em relação a haste medida(m)	P Posição em relação a haste medida(m)	C Posição em relação a haste medida(m)	Resistência (Ω)
0	11	18	11,27
0	12	18	10,52
0	10	18	9,47

Fonte: Próprio Autor.

Na Tabela 4 apresenta-se os valores medidos da malha de aterramento obtidos depois do procedimento determinado pelo engenheiro para a medição malha de aterramento do bebedouro.

Tabela 4: Resultado da resistência da malha de aterramento do bebedouro depois do procedimento.

E Posição em relação a haste medida(m)	P Posição em relação a haste medida(m)	C Posição em relação a haste medida(m)	Resistência (Ω)
0	11	18	11,79
0	12	18	10,32
0	10	18	10,11

Fonte: Próprio Autor.

De acordo com os resultados obtidos, seguindo o procedimento da norma NBR 15749, os valores da resistência da malha de aterramento da betoneira e do bebedouro são 10,42 e 10,74 Ω , respectivamente. Segundo a empresa, as resistências das malhas de aterramento possuem valores aceitáveis.

Para uma melhor qualidade do aterramento o engenheiro eletricista recomendou a interligação de todas as hastes de aterramento para melhorar a equipotencialização de todos os aterramentos do local, a fim de evitar diferenças de potenciais.

Para essa atividade foram utilizados conceitos do laboratório da disciplina de equipamentos elétricos para a medição da resistência de aterramento dos equipamentos e a utilização da norma NR10 que foram usados conceitos da disciplina de instalações elétricas. A atividade que não foi vista em sala de aula foi a aplicação de melhoramento do solo para redução da resistência da malha de aterramento.

5 CONCLUSÃO

O estágio é muito importante para o processo de aprendizagem do aluno. Pois oferece a execução da teoria vista em sala de aula e permite ao aluno viver o dia a dia de um engenheiro, permitindo ter um aprofundamento maior em assuntos vistos na universidade.

Durante o período do estágio foram utilizados conhecimentos assimilados nas disciplinas do curso, tais como Equipamentos Elétricos, Laboratório de Equipamentos Elétricos, Instalações Elétricas, Laboratório de Instalações Elétricas, Materiais Elétricos, Laboratório de Materiais Elétricos, entre outras. Isto permitiu um entendimento maior dos assuntos estudados em sala de aula e também conciliando a teoria com a prática.

Outros fatores importantes a serem considerados foram às habilidades interpessoais adquiridas nesse período, pois à medida que se convive com profissionais experientes e de áreas distintas possibilita um amadurecimento e uma melhor avaliação autocrítica para tomar decisões corretas.

Em vista disso, além de proporcionar um aprendizado técnico e prático, o estágio possibilita o contato com situações rotineiras e também inesperadas de trabalho, bem como a elaboração de projetos e acompanhamento da execução dos mesmos. Atividades como desenvolver relatórios, afinidade com normas técnicas da ABNT e NT da Equatorial, facilitam a inserção do estagiário no mercado de trabalho local. O acompanhamento da execução de serviços e projetos mostrou-se importante para a melhoria na elaboração de projetos.

REFERÊNCIAS

ABNT. (2009). NBR15749 - Medição de resistência de aterramento e de potenciais na superfície do solo em sistemas de aterramento. Associação Brasileira de Normas Técnicas.

ABNT. (2004). NBR 5410 - Instalações elétricas de baixa tensão. Associação Brasileira de Normas Técnicas.

ABNT. (2000). NBR 5419 - Proteção de estruturas contra descargas atmosféricas. Associação Brasileira de Normas Técnicas.

MINISTÉRIO DO TRABALHO. (1978). NR 10 – Segurança em instalações e serviços em eletricidade.

EQUATORIAL. (2018). NT.001.EQTL – Fornecimento de Energia Elétrica em Baixa Tensão

EQUATORIAL. (2018). NT.020.EQTL – Conexão de Microgeração Distribuída ao Sistema de Distribuição

PINHO, J. T., & GALDINO, M. A. (2014). Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos. CEPEL - CRESESB. Rio de Janeiro.

BEGOVIC, N.; PREGELJ, A.; ROHATGI, A.; NOVOSEL, D. Impact of renewable distributed generation on power systems. In: System Sciences, Proceedings of the 34th Annual Hawaii International Conference. [S.l.: s.n.], 2001.

ANEXO A – DIAGRAMA UNIFILAR DO PROJETO FOTOVOLTAICO RESIDENCIAL