



CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA



Universidade Federal
de Campina Grande

BRUNO LONGO NOBRE

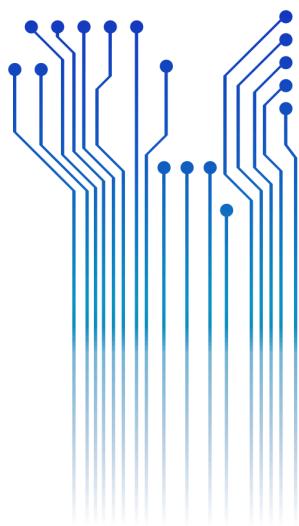


Centro de Engenharia
Elétrica e Informática

RELATÓRIO DE ESTÁGIO LABORATÓRIO DE METROLOGIA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE



Departamento de
Engenharia Elétrica



Campina Grande
2021

BRUNO LONGO NOBRE

RELATÓRIO DE ESTÁGIO INTEGRADO

Relatório de Estágio Integrado submetido à Coordenação do Curso de Graduação em 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 Edmar Candeia Gurjão
Orientador

Campina Grande
2021

BRUNO LONGO NOBRE

RELATÓRIO DE ESTÁGIO INTEGRADO

Relatório de Estágio Integrado submetido à Coordenação do Curso de Graduação em 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 Avaliador

Universidade Federal de Campina Grande
Avaliador

Professor Edmar Candeia Gurjão

Universidade Federal de Campina Grande
Orientador, UFCG

Dedico este trabalho à minha família, em especial minha mãe, a grande responsável por eu ter chegado até aqui.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pois sem Ele não teria chegado aonde cheguei.

A minha mãe, Morgana, por fazer o impossível para que nunca me faltasse nada, por sempre estar presente e por me motivar todo dia a ser alguém melhor.

A todos da minha Família que sempre se fizeram presentes. Meu avô, José Augusto (*in memoriam*), minhas Avós Alzira e Jaci, minhas tias, Mabel, Maysa e Amanda, meu tio Altenis e meu padraсто Marinaldo, que muitas vezes sem saber me deram forças para terminar essa jornada.

Aos meus amigos, colegas de curso e parceiros para vida: minha melhor amiga e namorada, Monaliza, por ter sido inspiração, apoio e ajuda nos dias mais difíceis da graduação e da confecção desse trabalho. Aos amigos de infância do Apocalipse (Bambam, Bruna, Carol, Carolzinha, Dudu, Geovanio, Kennia, Larissa, Lilian, Liza, Luiza, Mateus e Vitão), os quais nunca saíram do meu lado e vibram com cada vitória minha. A Alison, Gileno, Priscilla e Kaio, pelas incontáveis horas de estudo, surtos coletivos e momentos de alívio durante essa graduação. À Samuel e Camila, pelos ensinamentos e por terem sido uma das melhores surpresas que a APS me proporcionou. Aos amigos de rolês aleatórios (Alex, Elias, Matheus, Samuca, Ulisses e Thalís) pelas inúmeras risadas e leites compartilhados. A todos os amigos do Ramo Estudantil que me deram força nos melhores e nos piores dias e a todos os colegas que direta ou indiretamente me ajudaram a chegar até aqui. E, por fim, a Igor, Matheus e todos os colegas do LabMet, amigos que ganhei nessa reta final do curso

Ao Professor Edmar Candeia Gurjão, pela orientação deste Trabalho de Conclusão de Curso, toda paciência, apoio, ensinamentos e pelas diversas oportunidades que me proporcionou durante a graduação.

Enfim, agradeço a todos que de uma forma ou de outra passaram pela minha vida e ajudaram a me tornar quem sou hoje.

“Não importa o que aconteça, continue a nadar.”

G.Walters.

RESUMO

No presente relatório são descritas as principais atividades realizadas pelo estagiário Bruno Longo Nobre, estudante de Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Campina Grande, durante o estágio no Laboratório de Metrologia da Universidade Federal de Campina Grande no período de 12/07/2021 a 27/09/2021. O estágio foi realizado no escopo do projeto BINGO Telescope, sob a supervisão de Walber de Aragão, técnico do laboratório, e orientação do professor Edmar Candeia Gurjão. As principais atividades desenvolvidas foram o projeto e instalação de um sistema de alimentação fotovoltaico para os circuitos de processamento de sinais de uma das cornetas do telescópio BINGO, o projeto, simulação e produção de uma antena Vivaldi e a produção de um circuito de alimentação com baterias recarregáveis para os amplificadores de baixo ruído do BINGO.

Palavras-chave: Laboratório de Metrologia; Sistema Fotovoltaico; Telescópio Bingo.

ABSTRACT

This report describes the main activities carried out by intern Bruno Longo Nobre, electrical engineering student at the Federal University of Campina Grande, during the Metrology Laboratory internship of the Federal University of Campina Grande from 12/07/2021 to 27/09/2021. The internship was carried out in the scope of the BINGO Telescope project, under the supervision of Walber de Aragão, laboratory technician, and guidance of Professor Edmar Candeia Gurjão. The main activities developed were the design and installation of a photovoltaic feeding system for the signal processing circuits of one of the horns of the BINGO telescope, the design, simulation and production of a Vivaldi antenna and the production of a power circuit with rechargeable batteries for BINGO's low noise amplifiers.

Keywords: Metrology Laboratory. Photovoltaic Systems; Bingo Telescope;

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Fachada do Laboratório de Metrologia da UFCG.....	14
Figura 2: sala 18 do LabMet.....	15
Figura 3: Representação do Telescópio BINGO	16
Figura 4: Corneta Uirapuru	16
Figura 5: Bateria 12V/18A	18
Figura 6: Bateria 12V/50A	19
Figura 7:Esquema de conexão do sistema fotovoltaico.....	20
Figura 8: Painel sob o vão da Porta dos fundos do LABMET.....	20
Figura 9: Sistema em funcionamento	21
Figura 10: Gráfico da Tensão Gerada x Hora do Dia.	22
Figura 11: Projeto da antena Vivaldi no HFSS	23
Figura 12: Antena vivaldi.....	24
Figura 13: Drone em vôo acima do Uirapuru	24
Figura 14: Circuito de carregamento da Pilhas na caixa	26
Figura 15: Caixa de carregamento montada	26

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

UFCG	Universidade Federal de Campina Grande
LabMet	Laboratório de Metrologia
BINGO	Baryon Acoustic Oscillations from Integrated Neutron Gas Observations
LNA	Amplificadores de Baixo Ruído
Callisto	Compound Astronomical Low frequency Low cost Instrument for Spectroscopy and Transportable Observatory

SUMÁRIO

Agradecimentos.....	v
Resumo.....	vii
Abstract	viii
Lista de Figuras	ix
Lista de Abreviaturas e Siglas	x
Sumário	xi
1 Introdução.....	12
1.1 Objetivos do Estágio.....	12
1.2 Estrutura do Trabalho	13
2 O Laboratório	14
2.1 O BINGO.....	15
3 Atividades Desenvolvidas	16
3.1 Projeto e Instalação do sistema de alimentação fotovoltaico	17
3.1.1 Projeto do Sistema de Alimentação	17
3.1.2 Instalação do Sistema de Alimentação	19
3.2 Outras Atividades Desenvolvidas	22
3.2.1 Projeto e Simulação de uma Antena Vivaldi Antipodal Utilizando o ANSYS HFSS®	22
3.2.2 Montagem de Circuito Portátil para Alimentação do LNA's	25
4 Considerações finais.....	27
Referências	28

1 INTRODUÇÃO

O presente trabalho faz referência ao estágio curricular desenvolvido pelo aluno do curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Bruno Longo Nobre, realizado no Laboratório de Metrologia da UFCG, localizado no município de Campina Grande, Paraíba, Brasil, de julho de 2021 a setembro de 2021, totalizando uma carga horária de 280 horas. O estágio foi realizado no escopo do projeto BINGO Telescope.

Durante o período de estágio o aluno desenvolveu diferentes atividades dentro do projeto, tais como: O projeto e instalação da alimentação do sistema de aquisição de dados do radiotelescópio Uirapuru utilizando painéis fotovoltaicos, o projeto, simulação e teste de uma antena e a produção de um circuito de alimentação com baterias recarregáveis para os amplificadores de baixo ruído do BINGO.

1.1 OBJETIVOS DO ESTÁGIO

Visando proporcionar ao aluno uma experiência diferente da encontrada na vivência acadêmica, o estágio tem como objetivo promover habilidades profissionais que habilitem o aluno a utilizar os conhecimentos adquiridos na academia na vida profissional, consolidando as teorias vistas em sala de aula e solucionando problemas do dia a dia de um engenheiro.

Durante o estágio no Bingo Telescope, as seguintes atividades foram realizadas:

- Cálculo do consumo de energia do circuito de processamento do sinal recebido pelo Uirapuru.
- Dimensionamento do sistema de alimentação fotovoltaico offgrid.
- Caracterização das baterias disponíveis no laboratório
- Preparação de orçamento do sistema de geração fotovoltaica offgrid;
- Instalação do sistema de geração fotovoltaica offgrid;
- Projeto e simulação de antenas com o High Frequency Simulation Software (HFSS) da ANSYS;

- Produção de um circuito de alimentação com baterias recarregáveis para amplificadores de baixo ruído.

1.2 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho está estruturado em 4 capítulos, incluindo este introdutório, conforme a seguir.

Neste capítulo foram apresentados uma breve introdução e os objetivos do estágio, bem como a estrutura de organização do trabalho.

No capítulo 2 será apresentado o Laboratório de Metrologia da UFCG, sendo possível conhecer os setores, o histórico e atividades desenvolvidas e o Projeto BINGO.

No capítulo 3 serão apresentadas as atividades realizadas pelo estagiário.

Por fim, no capítulo 4 apresenta-se a conclusão sobre o trabalho.

2 O LABORATÓRIO

O laboratório de Metrologia (LabMet) da UFGC tem como finalidade promover a criação, o desenvolvimento e o aperfeiçoamento de atividades de referência em ensaio e calibração de sistemas elétricos. o Laboratório foi inaugurado em 2016 e possui equipamentos para certificação de multímetros e geradores de sinais, além de uma câmara anecoica para medição e calibração de antenas.

A fachada do LabMet é ilustrada na figura 1:

FIGURA 1: FACHADA DO LABORATÓRIO DE METROLOGIA DA UFGC



Fonte: Autoria Própria

Para o cumprimento do trabalho foi disponibilizada a sala 18 do laboratório mostrado na figura 2, onde estavam disponíveis os equipamentos necessários, como computadores, multímetros, osciloscópios, geradores de sinais e ferramentas.

FIGURA 2: SALA 18 DO LABMET



Fonte: Autoria própria

2.1 O BINGO

BINGO é um acrônimo para “Baryon Acoustic Oscillations from Integrated Neutron Gas Observations”. É um projeto internacional com colaboradores no Brasil, China, Reino Unido, França, África do Sul e Alemanha. É o único radiotelescópio que propõe mapear o hidrogênio neutro na faixa de 21 cm em grandes escalas angulares no redshift $z \sim 0.3$ (BINGO, 2021).

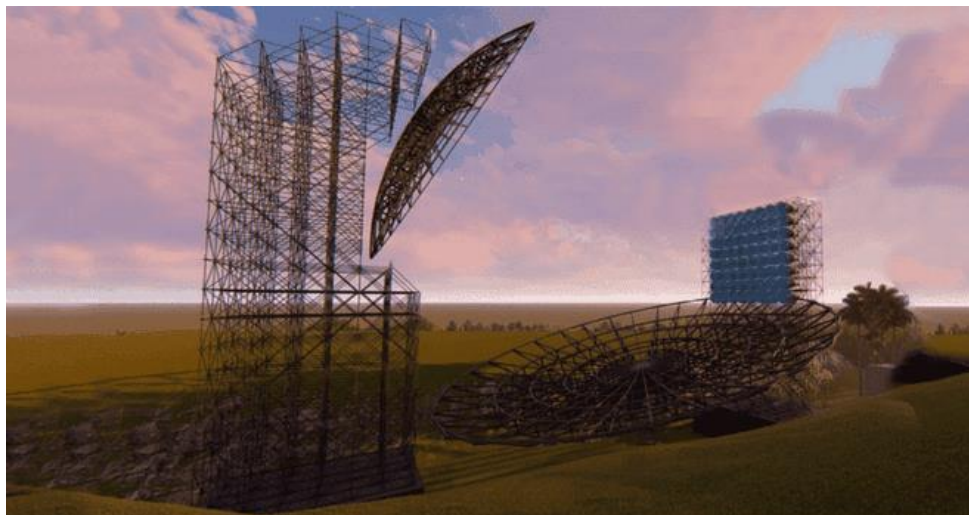
O projeto foi idealizado pela Universidade de Manchester e a fase de estudo iniciou-se em 2016 em parceria com a USP e apoio financeiro da FAPESP.

O BINGO detectará ondas de rádio na faixa de 980 à 1260 MHz e será construído na Serra do Urubu, localizado na cidade de Aguiar, na Paraíba. Ele é constituído de dois espelhos refletores, ou parabólicas, cada uma com aproximadamente 40 metros de diâmetro e um conjunto de 50 cornetas acopladas.

Embora sua função principal seja a detecção das oscilações de bárions, em virtude da sua estrutura, da faixa de frequência analisada e posição imóvel, é possível estabelecer metas secundárias de estudo como a detecção de FRB (Fast Radio Bursts) e emissão de pulsares.

Na figura 3, tem-se o design do projeto da sua estrutura física do BINGO. Uma de suas parabólicas receberá incidência de ondas eletromagnéticas, que refletirá para a segunda parabólica que, por sua vez, refletirá os sinais para o conjunto de cornetas, as quais farão o envio desses sinais até os receptores.

FIGURA 3: REPRESENTAÇÃO DO TELESCÓPIO BINGO



Fonte: <https://bingotelescope.org>

Na UFCG está instalada uma das cornetas que farão parte do radiotelescópio: o Uirapuru, como pode ser visualizado na figura 4.

FIGURA 4: CORNETA UIRAPURU



Fonte: Autoria própria.

3 ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

No presente capítulo serão apresentadas as principais atividades desenvolvidas pelo estagiário no LabMet da UFCG. O estágio integrado foi realizado dentro do escopo do projeto BINGO Telescope.

3.1 PROJETO E INSTALAÇÃO DO SISTEMA DE ALIMENTAÇÃO FOTOVOLTAICO

Como mencionado na seção 2.1, a corneta Uirapuru está instalada na UFCG e é a primeira das 50 cornetas que serão instaladas no BINGO. A Uirapuru está em fase de testes e está apontado para o céu colhendo dados 24 horas por dia, esses dados são recebidos em forma de ondas eletromagnéticas na faixa de frequência do BINGO (980 à 1260 MHz) e precisam ser processados para que haja a interpretação dos dados.

Esse processamento exige uma série de circuitos RF como *LNA's - Low Noise Amplifiers* (Amplificadores de Baixo Ruído) e Filtros para eliminar as frequências que não são de interesse, bem como o Callisto (Compound Astronomical Low frequency Low cost Instrument for Spectroscopy and Transportable Observatory) - *Hardware* utilizado para monitorar interferência de rádio frequência (RFI) (Monstein, 2021). Além desses circuitos, também são necessários sensores para monitorar a alimentação e controlar o acionamento dos LNA's remotamente.

Esses circuitos, necessitam de uma fonte de energia confiável e, de preferência, ininterrupta para que os dados coletados pelo Uirapuru possam ser processados em tempo real e fiquem disponíveis para leitura.

Com isso em mente, pensou-se em utilizar um sistema de alimentação utilizando painéis fotovoltaicos conectados a um controlador de carga e uma bateria para realizar a alimentação dessas cargas de forma independente da rede elétrica comum, a esse sistema é dado o nome de *offgrid*.

3.1.1 PROJETO DO SISTEMA DE ALIMENTAÇÃO

Para iniciar o projeto do sistema de alimentação, primeiro foi feito um levantamento do consumo dos circuitos de processamento e sensoriamento da Uirapuru. Esse levantamento resultou na tabela 1:

Tabela 1 - Consumo dos componentes do sistema de processamento e sensoriamento do Uirapuru.

Componente	Tensão(V)	Corrente(A)	Potencia(W)	Tipo
LNA	4	50m	200m	DC
Circuito de sensoriamento	5	200m	1	DC
Circuito de acionamento Remoto	5	200m	1	DC
Callisto	220	100m	22	AC

Fonte: Autoria própria

Com esses dados foi possível calcular o tamanho da bateria necessária para alimentar os circuitos. Devido à natureza do projeto, o qual precisa ficar ligado ininterruptamente, foi definido que a bateria deveria ter tamanho necessário para alimentar os componentes por pelo menos 18 horas, para casos de dias com pouca geração ou manutenção na placa solar.

Desta forma, a corrente total consumida pelos sistemas foi de 550mA e foi adicionado uma folga de 50mA para compensar eventuais perdas em cabos. Assim, a bateria foi dimensionada para que seja capaz de entregar 600mA por pelo menos 18h o que resulta em uma bateria de, no mínimo, 10,8A para esse projeto.

Como no Laboratório já havia duas baterias estacionárias, uma de 18A e uma de 50A, como mostradas nas imagens 5 e 6, respectivamente. Foi preferida a bateria de 50A dada a sua natureza mais robusta e a possibilidade que ela apresenta de adicionar mais cargas ao sistema futuramente.

FIGURA 5: BATERIA 12V/18A



Fonte: Aatoria própria.

FIGURA 6: BATERIA 12V/50A



Fonte: Aatoria própria.

Com a bateria escolhida, foi possível dimensionar o painel solar a ser utilizado. A intenção é de que a bateria possa ser carregada completamente em, no máximo, 10 horas e, de acordo com o *datasheet*, ela tem capacidade de 50A e deve ser carregada a uma tensão de 15,5V e corrente de 5A constantes.

Dessa forma, o painel deve gerar em sua saída de pelo menos 77,5W. Dessa forma, foi indicado um painel de 90W visto que era o valor mais próximo disponível no mercado.

Devido ao custo-benefício e a disponibilidade na região, optou-se por um painel de 380W.

Com o sistema devidamente dimensionado, foi feito o pedido dos componentes necessários para a instalação do sistema.

3.1.2 INSTALAÇÃO DO SISTEMA DE ALIMENTAÇÃO

O orçamento do projeto se encontra na tabela 2, e teve um custo total de 1978,25.

Componente	Quantidade	Custo
Painel Solar 380Wp	1	R\$700,00
Bateria Estacionária Heliar 12V/50A*	1	R\$489,90
Controlador de carga PWM 30A EP Solar - VS3048AU	1	R\$478,80
Inversor Leboss 1000W*	1	R\$239,90

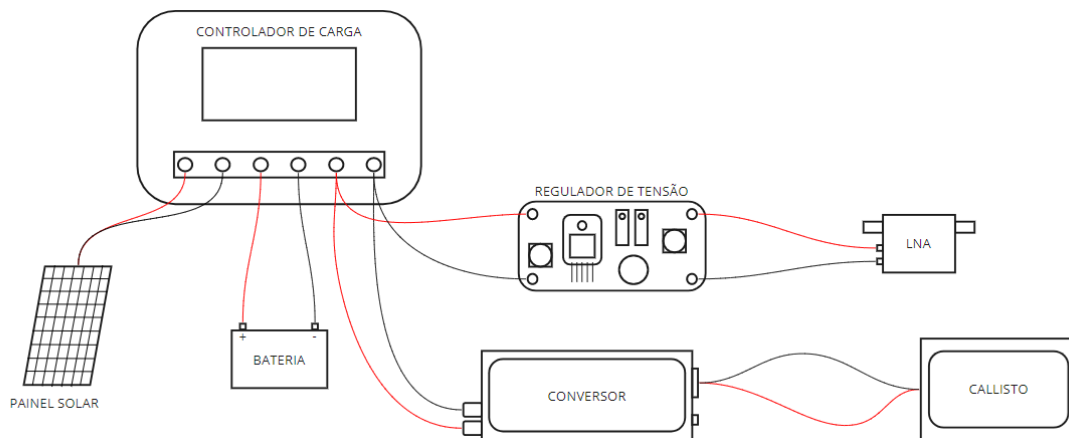
Regulador de tensão LM2596 DC/DC*	1	R\$12,95
Cabo de cobre 8 AWG*	4m	R\$27,08
Cabo de Cobre 12 AWG*	2m	R\$28,90

*Componente disponível no laboratório

Fonte: Autorial Própria

O sistema foi instalado seguindo o esquema demonstrado na Figura 7:

FIGURA 7:ESQUEMA DE CONEXÃO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO.



Fonte: Autorial própria.

A placa solar foi instalada na laje do LabMet sobre um vão acima da entrada dos fundos do prédio, como mostra figura 8. Essa localidade foi escolhida porque além de ser uma posição com uma boa incidência de raios solares, também era acima da sala onde se encontra o Callisto e a alimentação dos circuitos de pré-processamento do sinal do Uirapuru. Possibilitando a instalação sem grandes problemas.

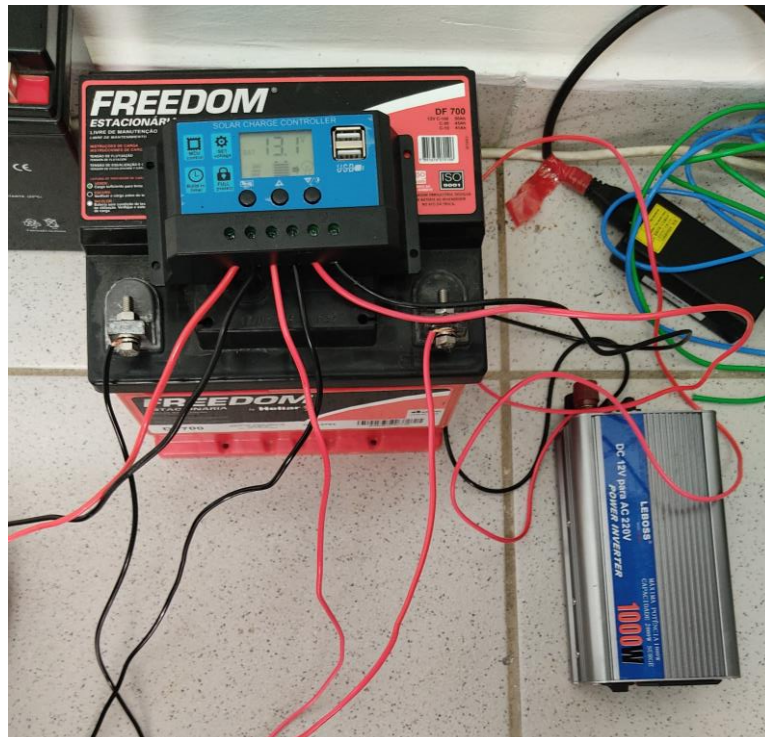
FIGURA 8: PAINEL SOB O VÃO DA PORTA DOS FUNDOS DO LABMET



Fonte: Autoria própria

Na figura 9, é possível ver o sistema conectado e funcional.

FIGURA 9: SISTEMA EM FUNCIONAMENTO



Fonte: Autoria própria

Após a instalação do sistema, foram feitos testes para verificar a operabilidade, tendo como resultados o gráfico de tensão na saída da placa versus a hora do dia, disponibilizado na figura 10.

FIGURA 10: GRÁFICO DA TENSÃO GERADA X HORA DO DIA.



Fonte: Autoria Própria

Esse teste foi realizado no dia 27/09/2021, as condições climáticas foram de céu aberto durante o dia, com mínima de 21 °C e máxima de 31 °C, de acordo com o INPE. Verificando a tensão mostrada no controlador de carga a cada hora, das 7 às 18 horas. Nele foi possível notar o pico de tensão às 13 horas com quase 50 V de geração.

Podendo-se concluir que o sistema supre, com folga, a necessidade de carregar a bateria e alimentar o sistema.

3.2 OUTRAS ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

Além da alimentação dos sistemas de processamento e sensoriamento do Uirapuru, durante a realização do estágio foi possível realizar outras atividades, que são descritas a seguir:

3.2.1 PROJETO E SIMULAÇÃO DE UMA ANTENA VIVALDI ANTIPODAL UTILIZANDO O ANSYS HFSS®

Para realizar a caracterização do feixe do Uirapuru foi pensado um experimento que consiste em acoplar uma antena em um drone, traçar um plano de voo e emitir sinais

para serem recebidos pelo Uirapuru. Assim, analisando o sinal recebido, será possível fazer tal caracterização.

Para isso foi determinada a utilização de uma antena Vivaldi Antipodal. Uma antena Vivaldi é uma antena co-planar de banda larga, que pode ser feita de uma peça sólida de folha de metal, uma placa de circuito impresso ou de uma placa dielétrica metalizada em um ou ambos os lados (Gibson, 1979).

Assim, foi pedido ao estagiário para auxiliar o estagiário Igor, encarregado da tarefa de projetar e testar a antena.

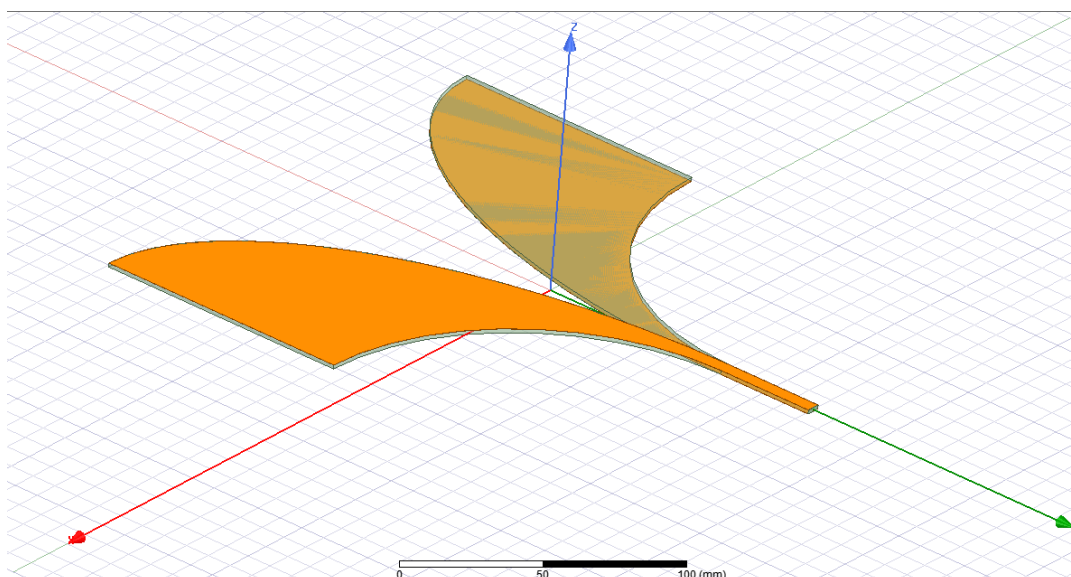
Com isso em mente iniciou-se o projeto da antena, o qual seguiu os seguintes passos:

- Cálculo das dimensões da antena utilizando o site: https://www.changpuak.ch/electronics/Antipodal_Vivaldi_Antenna_Designer.php;
- Projeto de uma antena patch com o intuito de se familiarizar com o software;
- Projeto da antena Vivaldi com largura de banda de 960 à 1260 MHz.;
- Teste da antena utilizando o HFSS;
- Primeiro voo com o drone;

As etapas foram documentadas e podem ser vistas nas imagens a seguir:

Na figura 11 pode ser vista a antena projetada no HFSS.

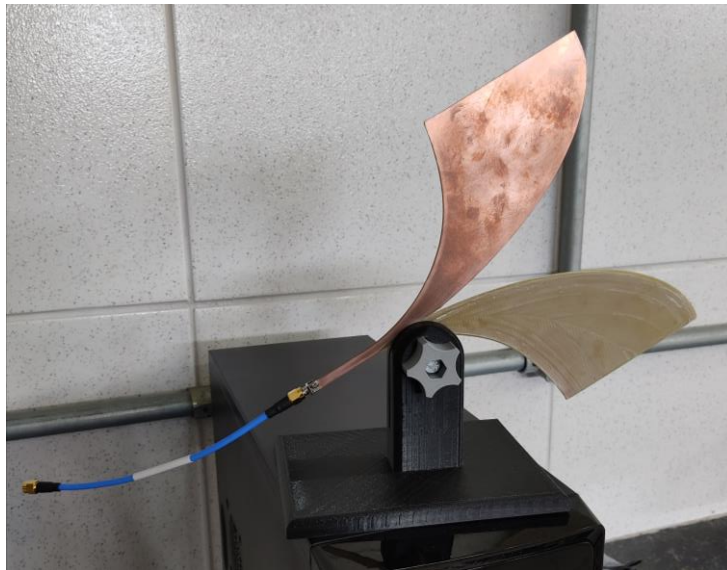
FIGURA 11: PROJETO DA ANTENA VIVALDI NO HFSS



Fonte: Autoria própria

A figura 12, mostra a antena produzida.

FIGURA 12: ANTENA VIVALDI



Fonte: Autoria própria

E a figura 13 mostra o drone em voo com a antena acoplada.

FIGURA 13: DRONE EM VÔO ACIMA DO UIRAPURU



Fonte: Autoria própria

Neste relatório não foram comentados os resultados dos testes e das simulações devido à natureza de apenas auxiliar e orientar a qual o estagiário estava incubido na atividade.

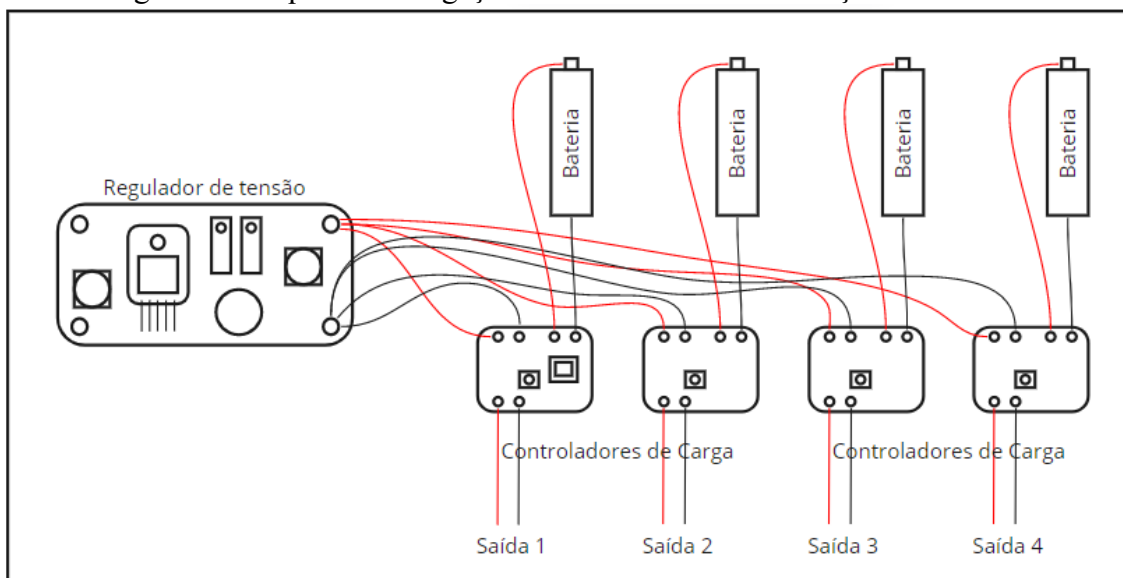
3.2.2 Montagem de Circuito Portátil para Alimentação do LNA's

Já no fim do estágio, foi solicitado ao estagiário um circuito capaz de alimentar os LNA's de forma portátil, em vista das apresentações que aconteceram na Expotech, em João Pessoa, no Stand do BINGO. Onde foram levadas as antenas desenvolvidas no projeto para mostrar o sinal obtido na largura de banda de interesse do BINGO.

Para isso era necessário alimentar os LNA's com uma tensão constante de forma a garantir pelo menos 3,7 V na entrada. Assim foi projetado um circuito utilizando baterias de Íon-Lítio de 2800mAh.

O circuito foi pensado para alimentar até 4 LNA's de forma simultânea, assim, foram usadas 4 baterias, cada uma ligada a um controlador de carga, os controladores, por sua vez foram ligados aos jumpers de saída (LNA's) e à um regulador de tensão na entrada para que as pilhas pudessem ser carregadas quando necessário. O esquema das ligações pode ser visto na figura 15:

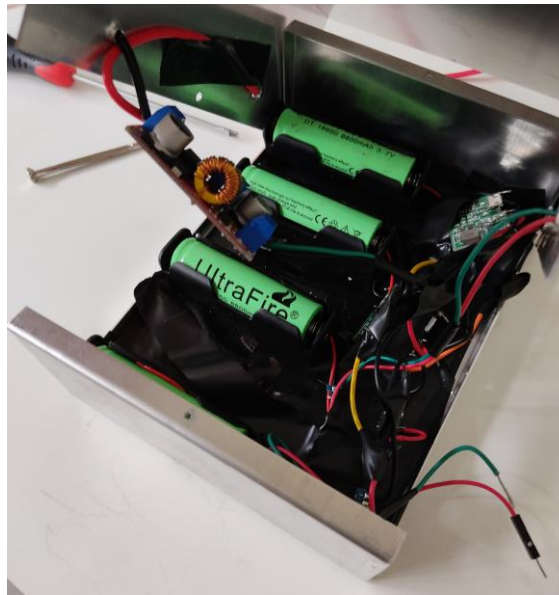
Figura 15 :Esquema das ligações do Circuito de alimentação dos LNA's



Fonte: Próprio Autor.

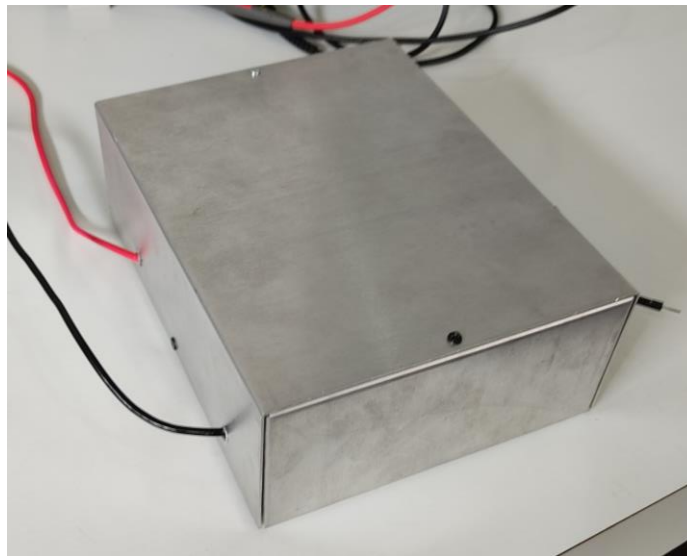
Assim, foi utilizado uma caixa de metal disponível no laboratório para colocar o circuito dentro, como mostra as figuras 16 e 17.

FIGURA 14: CIRCUITO DE CARREGAMENTO DA PILHAS NA CAIXA



Fonte: Aatoria própria

FIGURA 15: CAIXA DE CARREGAMENTO MONTADA



Fonte: Aatoria própria

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do exposto, o estágio supervisionado mostra-se como ferramenta de grande importância para a formação profissional do estudante de engenharia elétrica, uma vez que possibilita o exercício dos conhecimentos teóricos adquiridos na graduação.

Durante a realização do estágio, ficou evidente a importância de disciplinas como Instalações Elétricas, Engenharia de Micro-ondas, Sistemas Elétricos, Eletrônica e Eletrônica de Potência.

Muitos aspectos positivos foram observados ao longo do estágio. Um deles foi a diversidade das atividades desempenhadas, o que fazia o estágio ser ainda mais dinâmico. Outro ponto a ser destacado foi a liberdade e autonomia dada pelo supervisor do estágio, gerando um sentimento de confiança.

Portanto, pode-se concluir que os aprendizados adquiridos no estágio, tanto na parte técnica quanto na parte pessoal, foram valiosos. Habilidades aprendidas envolvendo criatividade, responsabilidade, trabalho em equipe, organização e comunicação foram fundamentais para o sucesso do estágio.

REFERÊNCIAS

BINGO, T. (08 de 10 de 2021). *BINGO TELESCOPE*. Fonte: BINGO TELESCOPE:
<https://bingotelescope.org>

Gibson, P. J. (1979). The Vivaldi Aerial. *9th European Microwave Conference Proceedings*, pp. 101-105.

Monstein, C. (10 de 09 de 2021). *Callisto*. Fonte: e-Callisto: www.e-callisto.org