

UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA – UDESC
CENTRO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS – CCT
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA – DEE

LAURO DA SILVEIRA COELHO NETO

**SENSORIAMENTO REMOTO PARA EMBARCAÇÕES
ELÉTRICAS TIPO CATAMARÃ**

JOINVILLE, SC 2017

LAURO DA SILVEIRA COELHO NETO

**SENSORIAMENTO REMOTO PARA EMBARCAÇÕES ELÉTRICAS TIPO
CATAMARÃ**

Trabalho de Conclusão apresentado ao Curso de Engenharia Elétrica do Centro de Ciências Tecnológicas, da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientador: Dr. Joselito Anastácio Heerd.

JOINVILLE, SC
2017
LAURO DA SILVEIRA COELHO NETO

**SENSORIAMENTO REMOTO PARA EMBARCAÇÕES ELÉTRICAS TIPO
CATAMARÃ**

Trabalho de Conclusão de Curso, Departamento de Engenharia Elétrica-DEE, Centro de Ciências Tecnológicas - CCT, Universidade do Estado de Santa Catarina - UDESC, Bacharel

Banca examinadora

Orientador:

Prof. Dr. Joselito Anastácio Heerdt
Universidade do Estado de Santa
Catarina – UDESC

Membros:

Prof. Dr. Douglas Wildgrube Bertol
Universidade do Estado de Santa
Catarina – UDESC

Engenheiro Eletricista Ramon Augusto kühl
Fundador da empresa Tab energia

RESUMO

Este trabalho de conclusão de curso apresenta o sensoriamento e telemetria aplicado a embarcações elétricas tipo catamarã. O estudo possibilitou mapear o processamento de energia utilizado no veículo elétrico transmitindo as informações coletadas através de rádio frequência para um computador. Através das verificações feitas pôde-se estimar dados como autonomia em minutos de funcionamento, tensão individual de cada armazenador, quantização de geração de energia solar e obtenção da temperatura de elementos relevantes ao processo. Todo o tratamento e envio de dados é feito com módulos comerciais e uma placa de Arduino Mega, microcontrolador ATmega16U2 de programação aberta e gratuita, visando a simplicidade do uso e melhor aproveitamento para futuros trabalhos relacionados ao projeto da embarcação catamarã.

Palavras-chave: Telemetria. Embarcações elétricas. Rádio frequência. Arduino.

ABSTRACT

This work of course completion presents the sensing and telemetry applied to electric boats type catamaran. The study made it possible to map the processing of energy used in the electric vehicle by transmitting the information collected through radio frequency to a computer. By means of the verified verifications, it was possible to estimate data such as autonomy in minutes of operation, individual voltage of each battey, estimation of solar energy generation and obtaining the temperature of elements relevant to the process. All the processing and sending of data is done with commercial modules and an Arduino Mega board, ATmega16U2 microcontroller of open programming and free, aiming at the simplicity of use and better use for future works related to the design of the catamaran boat

1

Keyword: Telemetry. Electric boats. Radio Frequency. Arduino.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Bateria Optima YellowTop, modelo D51R, do fabricante Optima Batteries.	18
Figura 2- Conversor Buck	19
Figura 3- Primeira etapa de funcionamento do Buck	19
Figura 4- Segunda etapa de operação do conversor Buck	20
Figura 5- Formas de onda em modo de condução contínua do conversor Buck.....	20
Figura 6- Motor CC de ímãs permanentes usado na propulsão do barco catamarã, fabricado pela Motoenergy, modelo ME1004.....	21
Figura 7- Curvas características do motor.....	22
Figura 8- Placa Arduino MEGA2560	24
Figura 9- Microcontrolador Atmel2560 utilizado na placa do Arduino Mega2560.....	24
Figura 10- Descrição de localização dos pinos na placa do Arduino MEGA2560	25
Figura 11- Entradas de alimentação do kit Arduino MEGA2560	25
Figura 12- Sensor de efeito Hall Honeywell CSNT651.....	26
Figura 13- Divisor de tensão projetado para gerar um sinal de no máximo 5V para o conversor analógico do Arduino	27
Figura 14- Módulo NiceRF modelo SV651 Wireless Technology Co. Ltda	28
Figura 15- Modulação GFSK	29
Figura 16- Mapa da baía de Búzios com indicação do alcance de transmissão do módulo SV651, a partir do ponto de recebimento dos dados na costa.....	30
Figura 17- Diagrama de blocos de funcionamento do módulo RF.....	30
Figura 18-Módulo de conversão serial para a recepção dos dados transmitidos sem fio via modulação GFSK.....	32
Figura 19-Esquema elétrico do barco com indicação dos pontos lidos pelos sensores e enviados aos pinos do Arduino	33
Figura 20 - Sensores de efeito Hall Honeywell CSNT651 de medição das correntes do motor e entrada do conversor buck. Tensão de alimentação simétrica de 12V e corrente máxima de 200A.....	35
Figura 21 - Fonte de tensão chaveada da Ericsson modelo PKA 2323 PI utilizada para gerar a tensão simétrica necessária para os sensores de efeito Hall.....	36
Figura 22 - Circuito Regulador de Tensão confeccionado para alimentar os sensores de efeito Hall.....	37
Figura 23 - Crcuito projetado para o regulador de tensão simétrico, utilizando LM7812 e LM7912.....	37
Figura 24 - Circuito Divisor de tensão.....	38
Figura 25 – Placa dos filtros RC Passa Baixas a placa do Arduino com o detalhe da blindagem do cabo dos dados conectados a placa	39
Figura 26 - Fluxograma do funcionamento da programação feita no Arduino	40
Figura 27 - Etapa de inicialização das variáveis do programa com classificação numeral e valor inicial.....	41
Figura 28 - Etapa do setup na programação, iniciando a comunicação serial e cosiderando carga completa das baterias	42
Figura 29 - Etapa de conversão do valor em bits para valor analógico das correntes, tensões e temperaturas amostradas dentro do loop	42
Figura 30 - Etapa de cálculos para encontrar a corrente que circula nas baterias, a tensão individual de cada bateria e a autonomia do sistema	43
Figura 31 - Formatação para correto preenchimento da planilha no Excel	44

Figura 32 - Continuação da etapa de envio de dados. O Excel é orientado a sobre escrever os dados	44
Figura 33 - Programas de instalação para utilizar os módulos e a macro no Excel	45
Figura 34 - Tela de instalação do driver de reconhecimento do módulo como entrada para comunicação serial.....	46
Figura 35 - Interface de Programação do módulo NiceRF Wireless Technology Co., Ltd.	46
Figura 36 - Planilha Excel de recebimento dos dados via comunicação sem fio.....	48
Figura 37 - Interface de monitoramento criada no Excel para apresentação dos dados mais relevantes à serem monitorados.....	49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Características técnicas Jinko Solar modelo JKM265P-60	15
Tabela 2 - Especificações do controlador solar	17
Tabela 3- Dados técnicos da Optima YellowTop, modelo D51R, do fabricante Optima Batteries.....	18
Tabela 4- Características principais do motor CC de ímãs permanentes usado na propulsão do barco catamarã, fabricado pela Motoenergy, modelo ME1004.....	21
Tabela 5- Características do módulo RF modelo SV651 da NiceRF Wireless Technology Co. Ltda.....	29

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	11
1.1 TELEMETRIA	12
1.2 OBJETIVO GERAL DO TRABALHO.....	13
1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS DESTE TRABALHO	13
2 COMPONENTES ELÉTRICOS DO BARCO	15
2.1 PAINÉIS FOTOVOLTAICOS	15
2.2 CONTROLADOR DE CARGA MPPT.....	15
2.3 ARMAZENADORES DE ENERGIA.....	17
2.4 CONTROLADOR DE VELOCIDADE	18
2.5 PROPULSÃO	21
3 SENSORIAMENTO REMOTO PARA O BARCO SOLAR TIPO CATAMARÃ	23
3.1 COMUNICAÇÃO SERIAL	23
3.2 PLACA ARDUINO	24
3.3 SENSORES	26
3.3.1 Sensor de efeito Hall	26
3.3.2 Divisor resistivo	27
3.4 MÓDULO DE RÁDIO FREQUÊNCIA PARA ARDUINO	28
3.5 PROJETO	32
3.6 INTERFACE GRÁFICA E APRESENTAÇÃO DOS DADOS	33
4 APLICAÇÃO PRÁTICA.....	35
4.1 SENSORES DE CORRENTE	35
4.1.1 FONTE SIMÉTRICA	36
4.1.2 REGULADOR DE TENSÃO.....	36
4.2 SENSORES DE TENSÃO	37
4.3 SENSORES DE TEMPERATURA	38
4.4 PLACA DE FILTROS CONECTADOS A PLACA DO ARDUINO	39
5 PROGRAMAÇÃO	40
5.1 PROGRAMAÇÃO NO ARDUINO.....	40

5.2 PROGRAMAÇÃO NO COMPUTADOR.....	45
6 APRESENTAÇÃO GRÁFICA	48
7 CONCLUSÃO	50
REFERÊNCIAS	51
APÊNDICES.....	52
APÊNDICE A – INSTALAÇÃO DO SOFTWARE PLXDAQ.....	52
APÊNDICE B – IMAGEM DA PLANILHA DO EXCEL	55

1 INTRODUÇÃO

A adoção de novas tecnologias alternativas às tradicionais para produção de energia decorre à necessidade de menor impacto ambiental e práticas mais sustentáveis impondo uma pressão a empresas, estados e países (MELLO, MARX E SOUZA, 2013).

O foco principal do debate atende a uma necessidade da redução do uso de combustíveis fósseis, grandes responsáveis pela emissão de poluentes nocivos ao ambiente e relacionados a problemas de saúde pública.

Agências de regulação e políticas públicas estão sendo implementadas para acompanhar essa necessidade, que agora delimitam padrões mais rígidos de emissão para os veículos comercializados, e ainda, uma crescente classe de consumidores têm preferência pela aquisição de veículos “amigáveis” ao meio ambiente.

Diante deste cenário competitivo, as montadoras, fabricantes de veículos automotores e seus fornecedores, direcionam esforços à Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) para a produção de peças e veículos menos poluentes, mais eficientes e com menor impacto ambiental (MELLO, MARX E SOUZA, 2013).

No conjunto de possibilidades tecnológicas para atender as demandas emergentes, a indústria automobilística tem optado em desenvolver três diferentes tipos de veículos:

- Veículos puramente elétricos (VE);
- Veículos híbridos (VEH);
- Veículos a células combustível (VEHCC).

Tendo pelo menos uma de suas rodas propulsadas por motor elétrico o automóvel já é definido como veículo elétrico (ABVE, 2014). Os veículos elétricos usufruem de energia elétrica, e não poluem com emissão de gases, além de que sua fonte de energia, pode advir de fontes renováveis e inesgotáveis de energia, como solar, eólica e hídrica.

Como o mercado e o cenário atual exigem novas tecnologias e soluções inovadoras, muitas destas são desenvolvidas dentro das universidades, através dos programas de pós-graduação, ou nos institutos de P&D, com parcerias com as indústrias ou iniciativa própria.

Os incentivos ao uso eficiente de energia despertam o estudo tecnológico, inovação e uma das formas mais interessantes, através de competições de eficiência energética no contexto educacional.

Atualmente existem diversas competições de eficiência energética, como o Desafio Solar Brasil, Shell Eco-marathon Brasil e Maratona de Eficiência Energética entre outras.

Nas universidades são desenvolvidos projetos que focam nessas competições e também existem projetos que não participam dessas modalidades, mas desenvolvem tecnologias no setor em pesquisas na graduação, mestrados e doutorados.

O projeto Desafio Solar Brasil 2017 (DSB2017) foi fonte de inspiração para o desenvolvimento deste trabalho, pois a proposta do mesmo fornece ao projeto uma inovação.

O DSB2017 é um projeto de ensino dentro da instituição, desde 2011, que participa de uma competição anual onde objetivo é a eficiência energética de embarcações totalmente elétricas, tendo como fonte a energia solar e propulsionadas por motor elétrico.

Em todas as participações na competição houveram inovações que proporcionaram processar maior potência para atingir maiores velocidades e obtenção de energia dos painéis solares com máxima eficiência. Nesses anos em funcionamento nunca se pôde aferir, em tempo real e à distância, os fenômenos físicos durante a navegação do barco.

O principal foco deste trabalho é produzir uma solução que atenda a necessidade de transmissão de dados sendo de fácil entendimento, fácil utilização e também ampliação para ainda mais aplicabilidades futuras.

1.1 TELEMETRIA

A telemetria, ou sensoriamento remoto, tem pontos de convergência e divergência a respeito de sua definição por diferentes autores, Charles Elachi em seu livro *Introduction to the Physics and Techniques of Remote Sensing* (Elachi, 1987), define o sensoriamento remoto como “a aquisição de informação sobre um objeto sem que se entre em contato físico com ele”.

Entretanto, essa definição apresenta-se muito ampla, pois podemos ter várias informações diferentes sem entrar em contato. Para tornar mais específico a definição de telemetria, para Elachi, sensoriamento remoto implica na obtenção de informação a partir da detecção e mensuração das mudanças que um determinado objeto impõe aos

campos de força que o circundam, sejam campos eletromagnéticos, acústicos ou potenciais.

Existem diversas razões pelas quais o termo sensoriamento remoto tornou-se restrito ao uso de sensores de radiação eletromagnética. A radiação eletromagnética não necessita um meio de propagação, assim sendo os sensores puderam ser colocados cada vez mais distantes dos objetos a serem medidos, até que passaram a ser colocados em satélites, conotando uma distância física à palavra “remoto”.

O sensoriamento remoto é definido como sendo o agrupamento de sensores, processadores de dados e equipamentos para transmissão de dados colocados a bordo, com o objetivo de estudar fenômenos e eventos que se manifestam de diversas formas no veículo.

Este trabalho de Conclusão de Curso engloba uma visão geral do sistema elétrico do barco e proporciona uma solução para o sensoriamento remoto, visto a importância de monitorar e armazenar dados em tempo real, afim de gerar parâmetros para mensurar a utilização do armazenamento de energia e comprovação da eficiência do sistema

1.2 OBJETIVO GERAL DO TRABALHO

Deseja-se realizar uma inovação tecnológica adaptada às necessidades atuais da embarcação elétrica. Utilizar de ferramentas e recursos simples, afim de poder ser utilizado dentro do projeto por outros acadêmicos para inovações e trabalhos futuros.

1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS DESTE TRABALHO

O foco do trabalho está em estabelecer uma forma de comunicação sem fio e à distância entre a embarcação e a equipe em terra. Afim de monitorar as grandezas físicas que ocorrem no processamento de energia da embarcação. Com isso, pretende-se poder mensurar os seguintes fenômenos:

- Tensão e temperatura do banco de baterias;
- Corrente dos painéis solares;
- Corrente do motor elétrico;
- Corrente das baterias;
- Temperatura do motor e chaves MOS.

Com os dados obtidos, utilizando da ferramenta de um software, pretende-se tratar os dados recebidos e mostrar de forma mais ilustrativa os fenômenos à bordo durante o funcionamento da embarcação.

2 COMPONENTES ELÉTRICOS DO BARCO

Neste capítulo serão apresentados e analisados todos os componentes presentes na embarcação.

2.1 PAINÉIS FOTOVOLTAICOS

O efeito fotoelétrico foi descoberto em 1839 por Edmond Becquerel. Em 1905 Albert Einstein explica a física do efeito fotoelétrico. Em 1954 começou-se a produção a nível industrial de células fotovoltaicas, com eficiência de 6% e utilizadas quase exclusivamente na indústria aeroespacial.

As células fotovoltaicas evoluíram desde então, e comercialmente já passam dos 20% com células monocristalinas e na ordem de 40% com células de multijunções em laboratório (DACOL, 2012). A grande maioria no mercado tem eficiência em torno dos seus 16-18% e comercializadas em larga escala.

As células fotovoltaicas são constituídas de semicondutores, na sua grande maioria o elemento silício. Um módulo ou painel solar é construído a partir da associação em série dessas células fotovoltaicas.

O painel utilizado pela embarcação é o modelo da Jinko Solar modelo JKM265P-60, com aproximadamente 1.6m² de área e 60 células fotovoltaicas. As principais características podem ser encontradas na tabela a seguir.

Tabela 1- Características técnicas do painel solar da fabricante Jinko Solar modelo JKM265P-60

Potência máxima	265 W
Tensão de máxima potência	31.4 V
Corrente de máxima potência	8.44 A
Tensão de circuito aberto	38.6 V
Corrente de curto-circuito	9.03 A
Eficiência	16.19%

Fonte: Catálogo da Jinko. Disponível em: < <http://www.tec-wi.com.br/manual/JKM260P.pdf>>.

Acesso em 30 de nov de 2017.

2.2 CONTROLADOR DE CARGA MPPT

Buscando a máxima eficiência na obtenção de energia dos painéis solares, é essencial a presença de um controlador que possua MPPT (Maximum Power Point

Tracking), tecnologia que busca um ponto de máxima eficiência segundo as características físicas de geração de energia elétrica pelos módulos solares.

O MPPT é um controle digital que pode ser obtido através de diferentes métodos que possuem configuração, complexidade, eficiência e custos diferentes, portanto se deve escolher o que melhor se adapta a cada situação.

Alguns dos métodos MPPT são discutidos a seguir:

- Razão cíclica constante: Considera-se que a tensão de máxima potência dado pelo fabricante é fixa, e então calcula-se a razão cíclica para manter o painel em sua máxima eficiência. Apesar de ser considerado como um MPPT, este não se caracteriza, pois não contempla realimentação da saída. É funcional, porém não muito eficiente, pois não identifica diferenças na temperatura ou irradiação.
- Tensão constante: Neste método há um controle de tensão em malha fechada. Porém esse sistema continua pouco eficiente, pois não considera as variações de tensão de máxima potência em função da temperatura e irradiação.
- Método da tensão de circuito aberto e método da corrente de curto-circuito: São métodos similares, os dois preveem uma relação linear entre a corrente de curto-circuito ou tensão de circuito aberto, relacionando a corrente e tensão de máxima potência. Conhecendo a relação entre elas, é possível estimar o valor de tensão de máxima potência ou da corrente de máxima potência. Durante os testes existe a interrupção no processamento de energia para fazer as medições, reduzindo a eficácia do método.
- Perturbação e observação: O método consiste em realizar medições de tensão e corrente calculando a potência instantânea. Perturbações são geradas na razão cíclica e a potência é novamente avaliada, dependendo do incremento ou decréscimo da potência a razão cíclica é variada, e se estabiliza próximo do ponto de máxima eficiência. Como o sistema observa a potência entregue, este método independe de medições de temperatura e irradiação.

Para a embarcação catamarã da UDESC foi adquirido um controlador MPPT comercial, através de verba de patrocínio. Não pôde ser especificado qual o tipo de

controle MPPT utilizado pelo equipamento, pois o fabricante não disponibiliza em seu catálogo o modo de controle. O equipamento é da Victron Energy modelo Blue Solar 150-35, tal modelo foi escolhido pois atende a tensão de operação do banco de baterias da embarcação, que é de 48V.

Tabela 2 - Especificações do controlador solar modelo Blue Solar 150/35 da Victron Energy

Potência máxima	2000 W
Tensão máxima de entrada	150 V
Corrente máxima de saída	35 A
Tensão máxima das baterias	48 V
Eficiência	98%

Fonte: Catálogo da Victron Energy. Disponível em: <

<https://www.victronenergy.pt/upload/documents/Datasheet-BlueSolar-charge-controller-MPPT-150-35-EN.pdf>> Acesso em 30 de nov de 2017.

2.3 ARMAZENADORES DE ENERGIA

Somente com a energia elétrica advinda dos painéis para realizar as provas, a competição se tornaria lenta e pouco competitiva, as embarcações estariam sujeitas a se locomover apenas quando houvesse irradiação solar e com potência muito baixa para movimentar o barco, pois o motor demanda muita energia. Não se teria também, continuidade no fornecimento de energia, pois nuvens, mau tempo e sombras fariam a energia solar decair ou praticamente não existir.

As baterias podem ser carregadas somente através dos painéis enquanto houver sol, conforme as regras da competição. Podendo ser completamente descarregadas durante uma prova. Neste ponto temos estratégias de prova a serem traçadas para economizar energia, dependendo de quantas provas ocorrem em um dia ou se há previsão de mau tempo.

De acordo com as regras da competição, é permitido o acúmulo de energia em até 1500Wh, de maneira a padronizar a competição, para que se torne mais justa. Segundo às regras também, os participantes que possuem a bateria Optima modelo D51 podem utilizar até 4 acumuladores, pois em testes fundamentados pela organização, observou-se que as baterias de chumbo da Optima não conseguem fornecer totalmente a carga que possuem. Ou seja, mesmo possuindo 1968Wh no banco de baterias, o fornecimento de energia, nos testes realizados pela organização, se mostrou inferior a 1500Wh.

O fabricante da Optima não disponibilizou curvas de descarga ou testes próprios, por isso a competição teve de fazer esse teste afim de que pareceria injusto para equipes com 1500Wh enquanto outras com 1900Wh.

O sistema de armazenamento atual utiliza 4 baterias Optima YellowTop, modelo D51R do fabricante Optima Batteries, Figura 1. Os dados relevantes estão listados na Tabela 3 a seguir.

Tabela 3- Dados técnicos da bateria Optima YellowTop, modelo D51R, do fabricante Optima Batteries.

Tensão nominal	12V
Células	Chumbo ácido
Tipo	Descarga profunda
Capacidade	41Ah
Peso	11,8kg
Resistência interna	4,6mΩ

Fonte: Próprio autor, 2017.

Figura 1- Bateria Optima YellowTop, modelo D51R, do fabricante Optima Batteries.

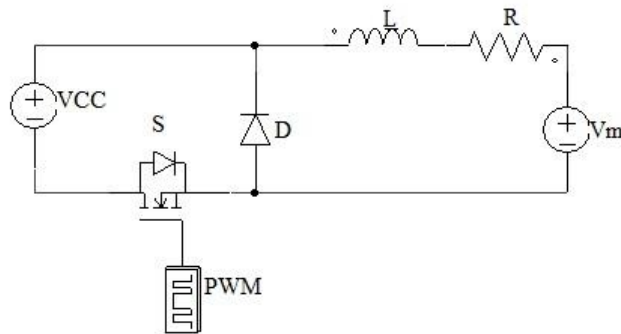


Fonte: Próprio autor.

2.4 CONTROLADOR DE VELOCIDADE

O controlador de velocidade do barco, é um conversor CC-CC não isolado do tipo *Buck* que produz uma tensão média na saída menor que a de entrada do conversor (BARBI e MARTINS, 2000).

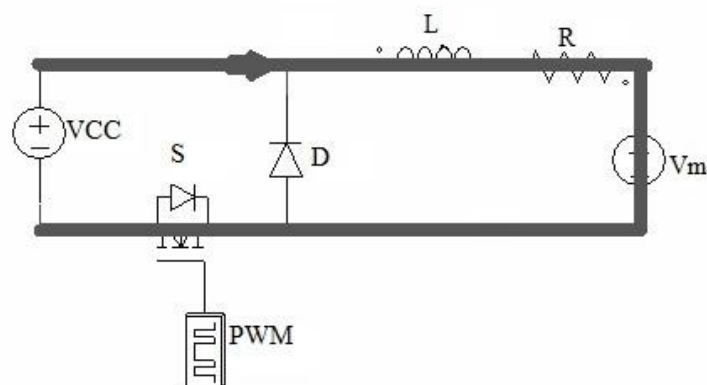
A estrutura básica do conversor pode ser vista na Figura 2, onde V_m é a f.c.e.m. do moto CC, L e R são a sua indutância e a resistência de armadura.

Figura 2- Conversor *Buck*

Fonte: Próprio autor, 2017.

Para reduzir as perdas no conversor é importante que ele opere em condução contínua. Operando dessa forma, o conversor apresenta valores eficazes de corrente inferiores em comparação ao modo de condução descontinua. Diante de testes e várias medições experimentais, comprovou-se que não seria necessário a adição de uma indutância L além da que o próprio motor possui para que o conversor opere em condução contínua.

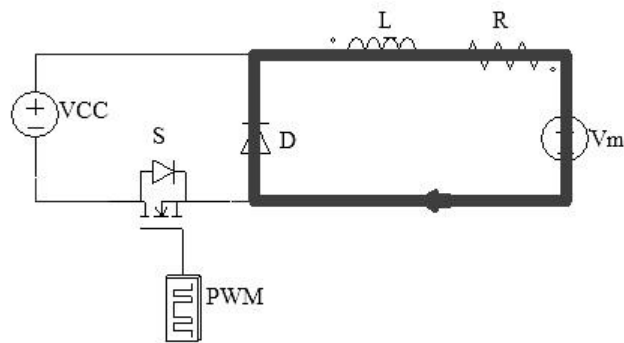
A primeira etapa de funcionamento do conversor se dá com a conexão da fonte de entrada à carga, através da chave S . Como a tensão de alimentação V_{cc} é maior do que a carga V_m , a corrente no indutor cresce. O circuito que representa a primeira etapa está na Figura 3 e o sentido e caminho que a corrente percorre estão em destaque.

Figura 3- Primeira etapa de funcionamento do *Buck*

Fonte: Próprio Autor, 2017.

Na segunda etapa de operação, a chave é comandada a bloquear, e retira a conexão da fonte com a carga. A energia armazenada no indutor mantém a corrente circulando através do diodo de roda-livre D . A segunda etapa pode ser vista na Figura 4.

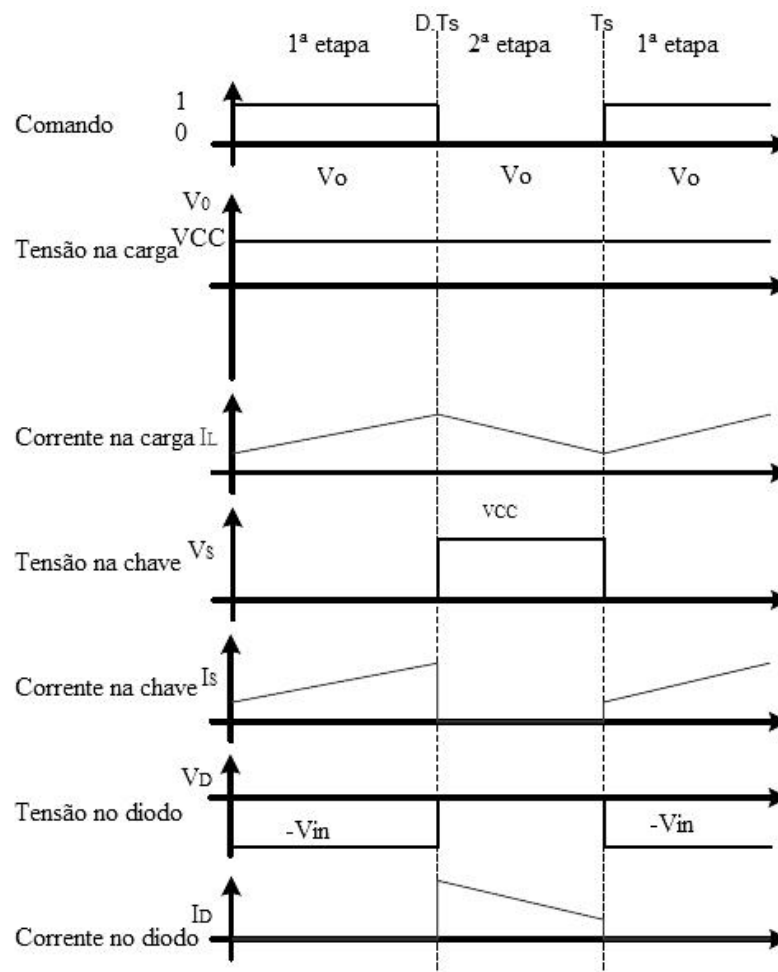
Figura 4- Segunda etapa de operação do conversor Buck



Fonte: Próprio Autor, 2017.

As principais formas de onda das etapas de operação podem ser vistas na Figura 5.

Figura 5- Formas de onda em modo de condução contínua do conversor Buck.



Fonte: Próprio Autor, 2017.

2.5 PROPULSÃO

O motor que propulsiona a embarcação é um motor de corrente contínua (CC), com escovas e imã permanente, com eficiência maior que 90% em toda a região de atuação de carga mecânica para mover o barco. As características principais do motor estão apresentadas na Tabela 4 e a Figura 6- apresenta uma imagem do motor elétrico utilizado.

Tabela 4- Características principais do motor CC de imãs permanentes usado na propulsão do barco catamarã, fabricado pela Motoenergy, modelo ME1004.

Modelo	ME1004
Potência nominal	10.75HP
Velocidade de Rotação	3500 RPM
Tensão	48 V

Fonte: Próprio Autor, 2017.

Figura 6- Motor CC de imãs permanentes usado na propulsão do barco catamarã, fabricado pela Motoenergy, modelo ME1004.



Fonte: MOTOENERGY ME0909, Disponível em: < <http://www.electricmotorsport.com/ev-parts/motors/brushed-motors/emc-r-ls-me1004-pmdc-motor-24-48v-10-75-hp-cont-21-hp-pk.html> >.

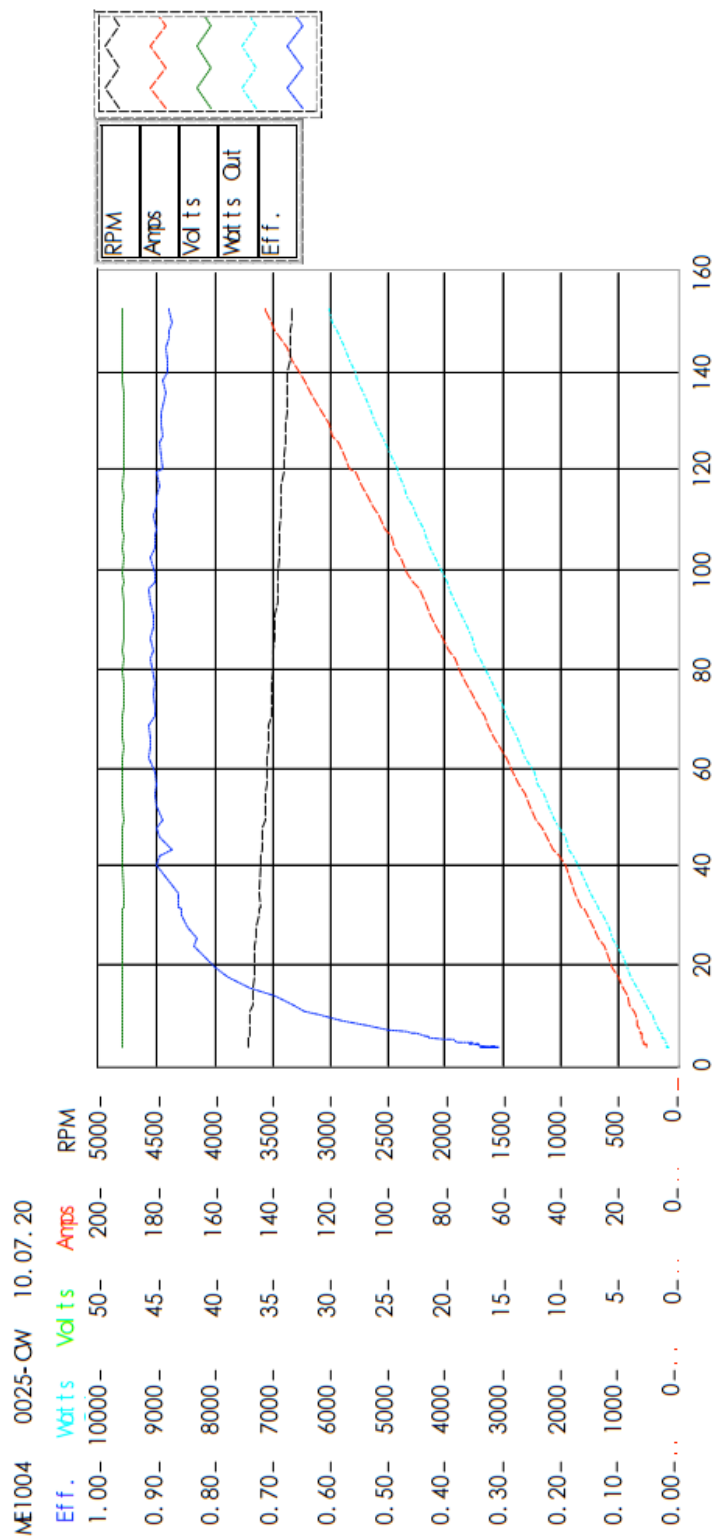
Acesso em 12 mai. 2017.

O gráfico da Figura 7 demonstra o ensaio fornecido pelo fabricante do motor variando o torque (em libra-polegadas) aplicado com tensão fixa em 48V. As curvas de corrente, rotação, potência de saída em Watts e eficiência podem ser observadas.

Pode-se perceber que para uma carga inferior a 40 lb-pol e superior a 120 lb-pol o motor tem sua eficiência inferior a 90%.

A carga aplicada ao motor é de 60 lb-pol para mover o barco solar na velocidade projetada pela engenharia mecânica da equipe. Desta forma o motor opera nos limites de maior eficiência que possui.

Figura 7- Curvas características do motor CC de ímãs permanentes usado na propulsão do barco catamarã, fabricado pela Motoenergy, modelo ME1004.



Fonte: MOTOENERGY ME0909, Disponível em: < <http://www.electricmotorsport.com/ev-parts/motors/brushed-motors/emc-r-ls-me1004-pmdc-motor-24-48v-10-75-hp-cont-21-hp-pk.html> >. Acesso em 12 mai. 2017.

3 SENSORIAMENTO REMOTO PARA O BARCO SOLAR TIPO CATAMARÃ

Neste capítulo serão especificados os elementos presentes para que se possa efetuar o sensoriamento remoto do veículo elétrico. São apresentados o protocolo de comunicação, sensores, conversão analógica/digital, módulos de comunicação via rádio frequência e a interface gráfica e armazenadora de dados.

3.1 COMUNICAÇÃO SERIAL

A comunicação serial entre dispositivos e sistemas é a forma mais utilizada hoje em dia. Um exemplo é a *Universal Serial Bus* (USB) que vem como padrão em quase todo computador para instalar periféricos ao computador no padrão *Plug and Play* (PnP). Trata-se do processo de comunicação enviando um bit de cada vez, sequencialmente, através de um canal ou barramento. Difere-se da comunicação paralela, onde os bits dos dados são transmitidos simultaneamente, permitindo uma maior velocidade de transferência da informação.

Tipicamente a comunicação serial transmite os dados usando o padrão ASCII (*American Standard Code for Information Interchange*). Utilizando apenas 3 linhas de transmissão: terra, transmissor e receptor. As características mais importantes da comunicação serial são *baud rate*, *data bits*, *stop bits* e *parity*.

Baud rate é a medida de velocidade de comunicação, ou seja, indica o número de bits transferidos em um segundo.

Data bits é o número de bits dos dados enviados, 7 ou 8. Quando um microcontrolador envia um pacote de informações, ele normalmente utiliza 7 bits, nem sempre todos os 8 bits, dependendo da informação transferida.

Stop bits é utilizado para sinalizar o fim da comunicação para um byte. Com valor típico de 1 e 2 bits.

Parity é uma forma simples de checar erros na transmissão serial. O microcontrolador adiciona um bit depois de todos os bits de dados, para checar se há paridade na transmissão dos dados evitando erros. A paridade poderá ser par ou ímpar, adicionando 0 ou 1 para tornar o número de 1's do dado ser par ou ímpar.

3.2 PLACA ARDUINO

A placa utilizada para o trabalho foi a Arduino Mega 2560 mostrada na Figura 8- *Placa Arduino MEGA2560*. Ela possui recursos interessantes para prototipagem e projetos mais elaborados possuindo diversas entradas e saídas.

Figura 8- Placa Arduino MEGA2560



Fonte: EMBARCADOS, ARDUINO MEGA2560, Disponível em:

<<http://www.electricmotorsport.com/me0909-pmdc-motor-12-48v-4-hp-cont-12-8-hp-pk.html>>. Acesso em 5 mai. 2017.

O microcontrolador é o ATMEL ATmega2560 e o chip pode ser visto na Figura 9, microcontrolador de 8 bits de arquitetura *RISC (Reduced Instruction Set Computer)* avançada. Possui ao total 54 entradas e saídas digitais sendo que 15 delas podem ser utilizadas como saídas PWM. Possui 16 entradas analógicas e 4 portas para comunicação via serial.

Figura 9- Microcontrolador Atmel2560 utilizado na placa do Arduino Mega2560

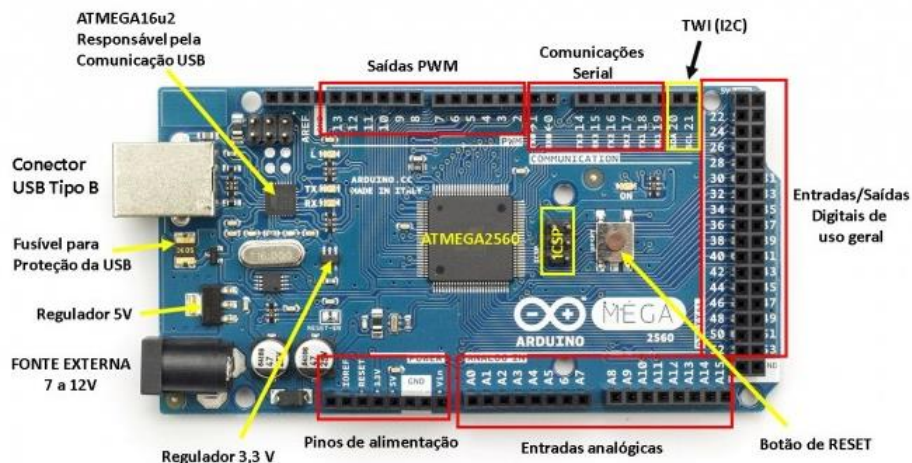


Fonte: EMBARCADOS, ARDUINO MEGA2560, Disponível em:

<<http://www.electricmotorsport.com/me0909-pmdc-motor-12-48v-4-hp-cont-12-8-hp-pk.html>>. Acesso em 5 mai. 2017.

Na Figura 10 podemos ver como estão dispostas as entradas e saídas digitais/análogas na placa com uma descrição das conexões de alimentação.

Figura 10- Descrição de localização dos pinos na placa do Arduino MEGA2560

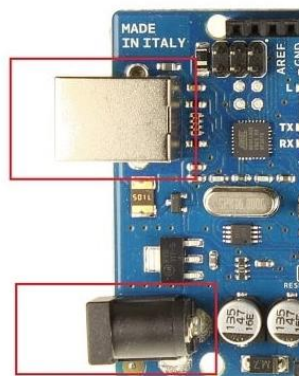


Fonte: EMBARCADOS, ARDUINO MEGA2560, Disponível em:

<<http://www.electricmotorsport.com/me0909-pmdc-motor-12-48v-4-hp-cont-12-8-hp-pk.html>>. Acesso em 5 mai. 2017.

A placa pode ser alimentada por entrada USB, ou fonte externa através de um conector Jack respeitando os limites de tensão entre 6 e 20 volts, Figura 11- Entradas de alimentação do kit Arduino MEGA2560. Mas se alimentada abaixo de 7 volts, a tensão de funcionamento pode ficar instável, e se, acima de 12 volts, o regulador de tensão interno pode sobreaquecer e danificar a placa. Dessa forma, optou-se por trabalhar com uma fonte de 9 volts, comuns a baterias comerciais.

Figura 11- Entradas de alimentação do kit Arduino MEGA2560



Fonte: EMBARCADOS, ARDUINO MEGA2560, Disponível em:

<<http://www.electricmotorsport.com/me0909-pmdc-motor-12-48v-4-hp-cont-12-8-hp-pk.html>>. Acesso em 5 mai. 2017.

3.3 SENSORES

Nesta sessão são apresentados os sensores utilizados na embarcação.

3.3.1 Sensor de efeito Hall

Alguns dos sensores utilizados para efetuar as medidas de corrente no sistema elétrico são de efeito Hall do fabricante Honeywell modelo CSNT651, conforme Figura 12- Sensor . São sensores precisos e isolados, necessitando de uma alimentação simétrica para funcionar, por isso foram acrescentados ao circuito uma fonte chaveada simétrica de alta frequência e um circuito regulador de tensão simétrico para alimentar os sensores.

Figura 12- Sensor de efeito Hall Honeywell CSNT651



Fonte: Próprio Autor, 2017.

Este sensor funciona gerando uma corrente de saída a partir da corrente que o atravessa. A corrente de saída do sensor possui uma amplitude menor, gerando um ganho 1/2000 vezes da corrente que o atravessa, não importando o sentido, pois é bidirecional, apenas gerando uma corrente negativa.

O sinal de tensão passa por um filtro passa baixa em série para que apenas um valor contínuo seja lido. A corrente gerada pelo sensor passa por um resistor para o terra, com baixo valor, no qual será gerada uma tensão que poderá ser lida pelo conversor AD do microcontrolador.

O microcontrolador lê a tensão medida sobre o resistor convertendo para um sinal digital em bits, que multiplicados por um ganho conhecido se obtém o valor da corrente que atravessa o sensor.

3.3.2 Divisor resistivo

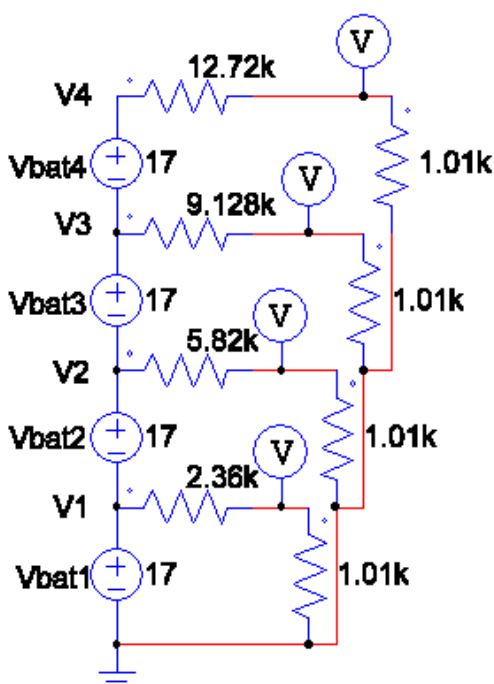
O conversor AD do microcontrolador pode ler uma tensão que varie entre 0 e 5V. Para medições de tensões maiores que isso, utiliza-se divisores resistivos para produzir uma tensão proporcional atenuada, sem ultrapassar o limite do conversor AD.

O ganho o qual o microcontrolador deverá multiplicar para obter-se o valor de tensão em cada ponto será o valor em bits lido vezes um valor de $17V/1023$ bits, pois o conversor analógico é de 10 bits.

Foi escolhido 17V como o valor máximo que uma bateria poderia chegar, pois em testes práticos houve desequilíbrio de tensão das baterias pelo fato de todas estarem em série e uma das baterias atender à outras cargas no barco solar, causando um desequilíbrio ao carregar o banco em 48V. Deve-se atentar ao fato de que não é uma medição isolada como ocorre com a medição das correntes pelos sensores de efeito Hall.

O divisor de tensão foi projetado para que houvesse uma proporção de 17V para 5V no pino que servirá como sinal analógico para o Arduino ('V' circunscrito na Figura 13).

Figura 13- Divisor de tensão projetado para gerar um sinal de no máximo 5V para o conversor analógico do Arduino



Fonte: Próprio Autor, 2017.

Como podemos notar, o divisor irá fazer o mesmo para a soma das baterias. Ou seja, para 34V teremos 5V como sinal, 51V e 68V também. Dessa forma é possível obter o valor individual de cada bateria realizando operações algébricas de subtração, como no exemplo abaixo, onde V1, V2, V3 serão as tensões de valor total e Vbat1, Vbat2 e Vbat3 o valor de tensão individual:

$$V1 = 14V = Vbat1$$

$$V2 = 29V$$

$$Vbat2 = V2 - V1$$

$$Vbat2 = 15V$$

$$V3 = 45V$$

$$Vbat3 = V3 - V2$$

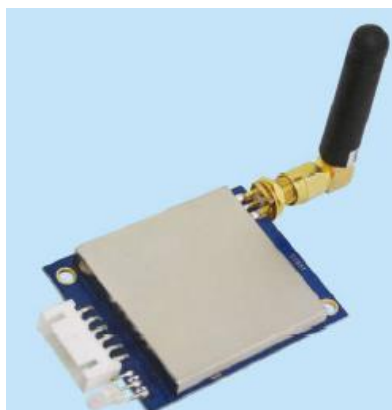
$$Vbat3 = 16V$$

3.4 MÓDULO DE RÁDIO FREQUÊNCIA PARA ARDUINO

Para realizar a comunicação sem fio à distância, será utilizado um módulo comercial comunicador de rádio frequência. Esse módulo pode ser utilizado facilmente com o Arduino, pois utiliza a mesma interface de comunicação serial e possui compatibilidade de alimentação.

O módulo consiste em um transmissor e um receptor, modelo SV651 da NiceRF Wireless Technology Co. Ltda., ilustrado na Figura 14. As características principais estão dispostas na Tabela 5.

Figura 14- Módulo NiceRF modelo SV651 Wireless Technology Co. Ltda



Fonte: NiceRF Module SV651, Disponível em: <http://www.nicerf.com/product_148_57.html>. Acesso em 15 mai. 2017

Tabela 5- Características do módulo RF modelo SV651 da NiceRF Wireless Technology Co. Ltda

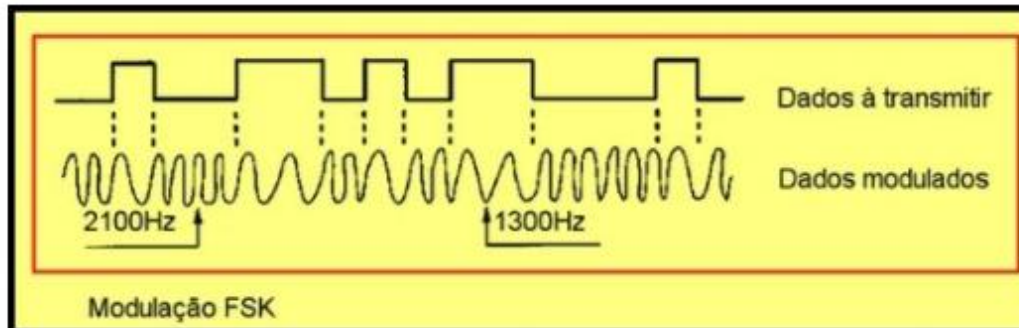
Potência	500mW (27dBm)
Interface	TTL
Frequência	433MHz
Sensibilidade	-121dBm
Alcance	4km
Modulação	GFSK

Fonte: Próprio Autor, 2017.

A modulação FSK (Frequency-shift keying) atribui frequências diferentes para a portadora em função do bit transmitido. Desse modo, a portadora assume uma frequência correspondente para um bit 0 durante o período de duração desse bit. Analogamente o mesmo acontece para a transmissão do bit 1.

Na modulação Gaussiana (GFSK), a modulação do sinal é similar à que ocorre na FSK, mas os impulsos passam por um filtro gaussiano antes de entrarem no modulador diminuindo a largura espectral desses impulsos. Podemos ver um exemplo da modulação GFSK na Figura 15.

Figura 15- Modulação GFSK

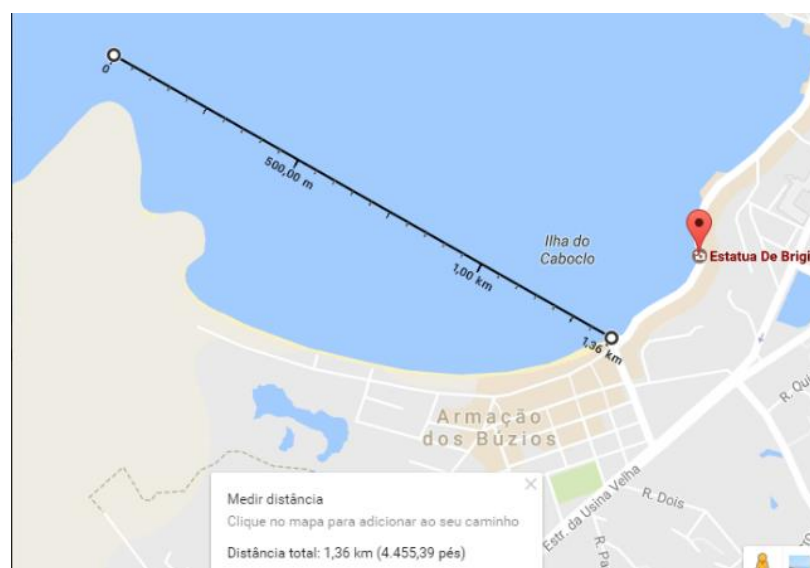


Fonte: Near Communication, modulação GFSK, Disponível em: <

<https://sites.google.com/site/nearcommunications/modulacao-gfsk>>. Acesso em 20 mai. 2017

A distância máxima para utilizar a comunicação sem fio foi estimada em 1,5 km como podemos ver na Figura 16, que é uma distância aproximada da baía de Búzios, onde ocorrem as provas.

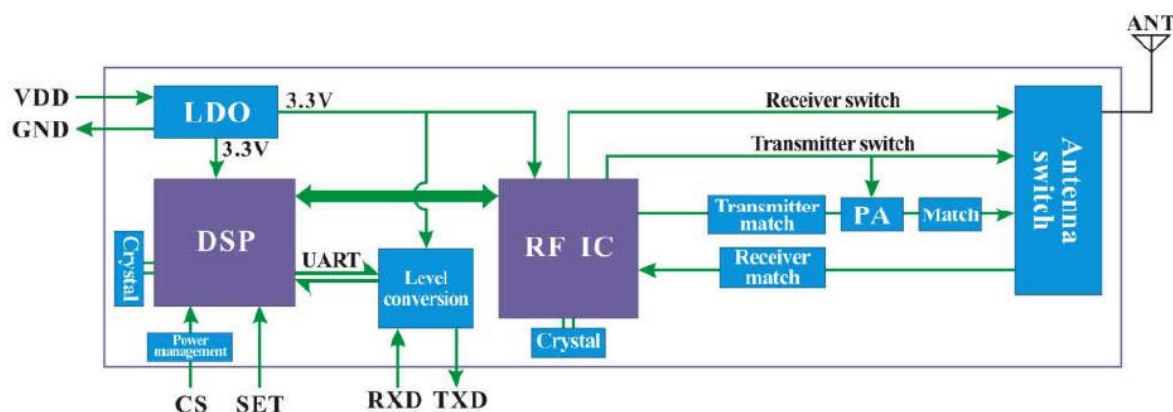
Figura 16- Mapa da baía de Búzios com indicação do alcance de transmissão do módulo SV651, a partir do ponto de recebimento dos dados na costa.



Fonte: Próprio Autor, 2017.

O esquemático de funcionamento do módulo pode ser visto na Figura 17, e demonstra a simplicidade de utilização do equipamento.

Figura 17- Diagrama de blocos de funcionamento do módulo RF



Fonte: NiceRF Module SV651, Disponível em: <http://www.nicerf.com/product_148_57.html>. Acesso em 5 mai. 2017

Quando o sinal serial chega, o SV651 checa o sinal serial de entrada para verificar se ocorreu erros de transmissão. Não havendo erros o módulo transmite a informação recebida via RF.

O fornecedor informa em seu *datasheet* ter um alcance de até 4 km, porém para estimar o alcance que de fato pode ser alcançado pelo módulo pode-se calcular a potência recebida pelo conversor à uma distância de 1500 m através da Equação 1:

$$Pr = 10 \cdot \log[Gr \cdot Gt \left(\frac{\lambda}{4\pi R}\right) Pt] \quad (1)$$

onde,

$$\lambda = c/f$$

e:

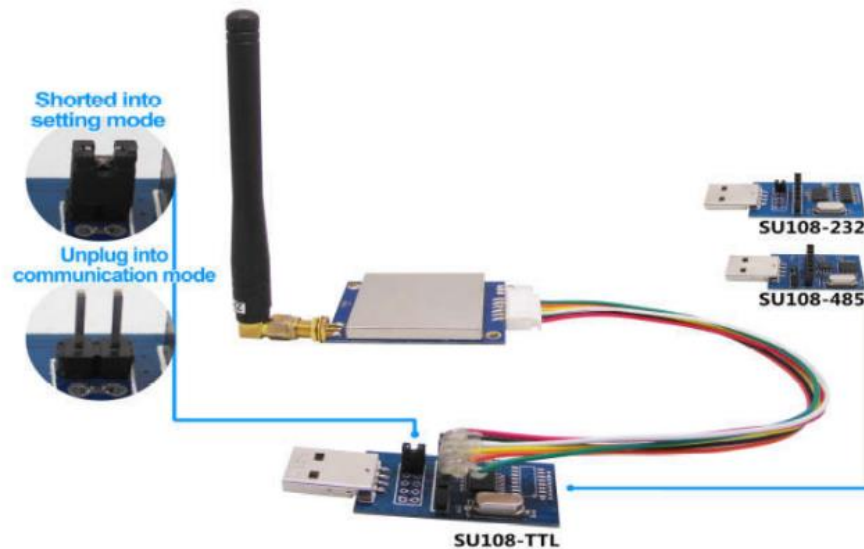
- Pr = potência recebida à ser calculada [dBm];
- Pt = potência de transmissão = 500[mW];
- Gr = Ganho do módulo receptor = 500[mW];
- Gt = Ganho do módulo transmissor = 500[mW];
- λ = comprimento de onda à ser calculado [m];
- c = velocidade da luz = 3E8 [m/s];
- f = frequência de rádio de trabalho = 433[MHz];
- R = distância de alcance determinada = 1500 [m].

Pelos cálculos teóricos a potência de -53dBm é recebida no módulo, como o módulo possui uma sensibilidade de -121dBm é comprovado o alcance para nossa aplicação. O mar, por se tratar de uma superfície melhor condutora que a terra, pois trata-se de água salina, há um fator de melhoramento do sinal, pois a antena irradia com mais intensidade no plano horizontal (SADIKU, 2012).

Então, para iniciar a transmissão basta apenas alimentar o módulo e ligar aos pinos dos canais Rx e Tx à placa do Arduino, previamente programados para envio e recebimento de dados, iniciando automaticamente o envio através dos dados recebidos serialmente.

Para receber os dados e tratá-los em algum software é utilizado um módulo RF como receptor ligado à um computador através de um módulo USB, que irá se tornar uma porta de comunicação serial reconhecida pelo sistema operacional do computador. A alimentação do módulo de recepção de rádio frequência não necessita de alimentação externa, pois ocorre através da ligação USB ao computador.

Figura 18 - Módulo de conversão serial para a recepção dos dados transmitidos sem fio via modulação GFSK



Fonte: NiceRF Module SV651, Disponível em: <http://www.nicerf.com/product_148_57.html>. Acesso em 5 mai. 2017

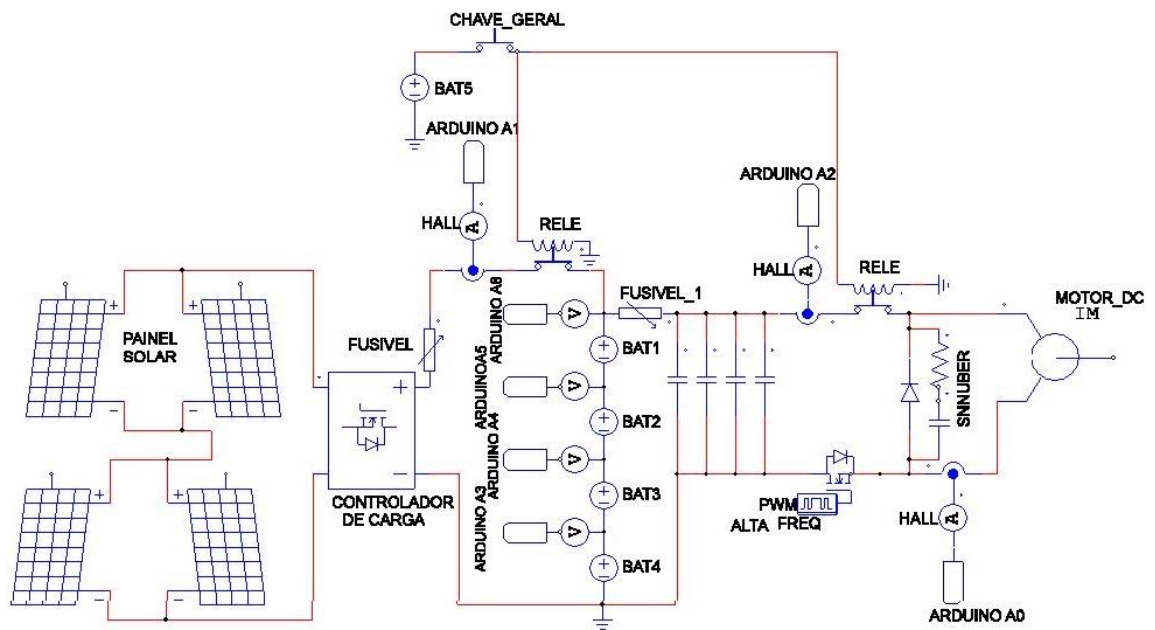
Os módulos de rádio frequência podem ser configurados para trabalhar numa frequência de 414.92MHz até 453.92MHz, afim de se evitar interferência com outros sistemas que possam estar operando na mesma frequência. Também é possível configurar um módulo para apenas transmitir e outro apenas receber dados, mas tal abordagem não é interessante, pois serve para trabalhos que exigem um sistema de mestre e escravo.

3.5 PROJETO

Foi visto até então os elementos que compõem a embarcação, coletam dados e os transmitem. Será demonstrado como está atuando esses componentes no sistema elétrico do barco. Para isso, observa-se a

Figura 19-Esquema elétrico do barco, onde são apresentados os pontos onde serão coletados os dados de corrente e tensão e enviados para o Arduino. São coletados a corrente na saída do controlador de carga, corrente na entrada do *Buck* e a corrente no terminal negativo do motor assim como as tensões das baterias.

Figura 19-Esquema elétrico do barco com indicação dos pontos lidos pelos sensores e enviados aos pinos do Arduino



Fonte: Próprio Autor, 2017.

Os dados principais a serem mensurados são a potência que entra no sistema através dos painéis solares, potência fornecida pelas baterias e corrente consumida pelo motor.

O cálculo da potência dos painéis se dá através da multiplicação da tensão no banco de baterias com a corrente obtida pelo sensor de corrente da saída do controlador de carga.

A potência fornecida pelas baterias se dá ao calcular a potência com a corrente medida após o banco de baterias, subtraída da potência fornecida pelos painéis.

O conversor controlador de velocidade do motor possui alto rendimento. Conhecendo-se apenas a corrente, é possível achar a tensão admitindo que a potência de entrada é a mesma de saída que alimenta o motor, dessa forma evita-se utilizar um sensor isolado para medição de tensão no motor.

3.6 INTERFACE GRÁFICA E APRESENTAÇÃO DOS DADOS

Foram apresentados neste capítulo os componentes presentes para realizar o sensoriamento e envio de dados. Os dados recebidos irão passar por um tratamento via software, afim de realizar operações matemáticas, criar gráficos e gerar um histórico de consumo, valores máximos e mínimos.

Neste trabalho foi procurado utilizar ferramentas e componentes de fácil acesso, amplo entendimento e com grande quantidade de documentos e exemplos realizados. Por isso optou-se tratar os dados no Microsoft Excel®. Dessa forma não se utiliza um software complicado, permitindo que a maioria das pessoas possam entender como e o que está sendo feito.

Através de uma macro criada no Excel, o PLX-DAQ, é possível receber dados no formato serial, desde que os envios dos dados estejam formatados para entrarem no Excel em formato de linhas e colunas. Essa formatação é simples, será apresentada posteriormente na programação do Arduino.

Nos testes será ilustrado como ficou a interface gráfica e quais os tratamentos feitos dentro do software.

4 APLICAÇÃO PRÁTICA

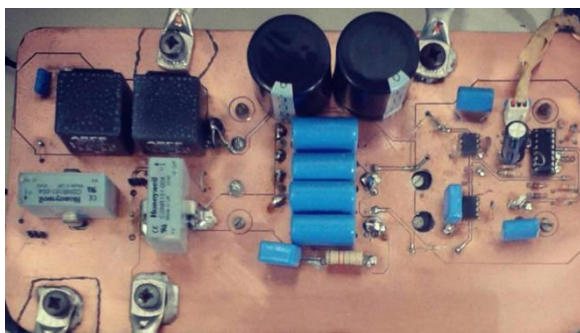
Neste capítulo será verificado como foi feita a implementação prática dos sensores, bem como dos circuitos auxiliares confeccionados para a correta utilização dos componentes e demais situações práticas que tiveram de ser contornadas para a implantação do sistema de sensoriamento.

4.1 SENSORES DE CORRENTE

Para mensurar as correntes pré-definidas no Capítulo 3 deste trabalho, foi inserido no layout da placa do controlador de velocidade 2 sensores de corrente. Um sensor está localizado no terminal negativo do motor, obtendo assim, a corrente que circula pelo motor. E o outro sensor ficou logo à entrada do circuito, obtendo a soma das correntes advindas das baterias e painéis solares. Um terceiro sensor é responsável por medir a corrente dos painéis, dessa forma conseguimos saber todas as correntes que circulam no circuito, a localização destes sensores de corrente pode ser observada na Figura 19.

Na Figura 20 é possível ver a placa do conversor *Buck*, controlador de velocidade do motor. Na placa temos os dois sensores responsáveis por ler as correntes do motor e de entrada do conversor.

Figura 20 - Sensores de efeito Hall Honeywell CSNT651 de medição das correntes do motor e entrada do conversor *Buck*. Tensão de alimentação simétrica de 12V e corrente máxima de 200A.



Fonte: Próprio Autor, 2017.

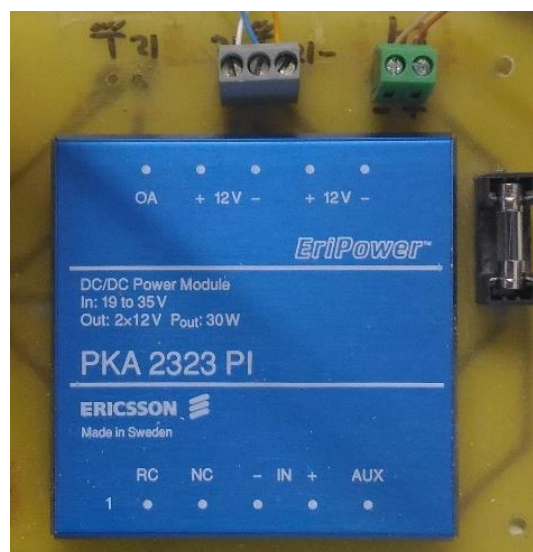
A saída do sensor é dada em corrente, a qual passando por um resistor de 40Ω irá gerar uma tensão que é utilizada para a medição na entrada analógica do Arduino. Foram adicionados capacitores para reduzir efeitos de interferência eletromagnética (EMI), e evitando ruídos elétricos no sinal de medição.

A corrente máxima esperada é de 200A para a bateria e motor e 20A para a saída do controlador de carga. A leitura feita pelo AD do microcontrolador possui a resolução de 10 bits, porém, observou-se que na transmissão apenas 8 bits eram enviados. Logo, em relação a precisão de leitura da corrente, foi admitida uma tolerância de 0,5% (1/200 [A/A]) para as baterias e de 5% (1/20 [A/A]) para a leitura da corrente dos painéis.

4.1.1 Fonte simétrica

Os sensores de corrente por efeito Hall exigem uma alimentação do tipo simétrica. Utilizamos uma fonte chaveada em alta frequência da Ericsson, a qual possui uma entrada de 19V à 36V e algumas saídas reguladas em 12V. Associando essas saídas pode-se obter uma alimentação simétrica de +12V e -12V com o mesmo referencial do circuito elétrico do barco. Podemos observar na Figura 21 a fonte utilizada na aplicação.

Figura 21 - Fonte de tensão chaveada da Ericsson modelo PKA 2323 PI utilizada para gerar a tensão simétrica necessária para os sensores de efeito Hall.



Fonte: Próprio Autor, 2017.

4.1.2 Regulador de tensão

Juntamente com a fonte de alimentação simétrica, foi confeccionado um circuito regulador de tensão simétrico, utilizando os reguladores LM7812 e LM7912. O circuito regulador está localizado o mais próximo possível dos sensores de corrente garantindo uma alimentação simétrica adequada para os sensores de efeito Hall.

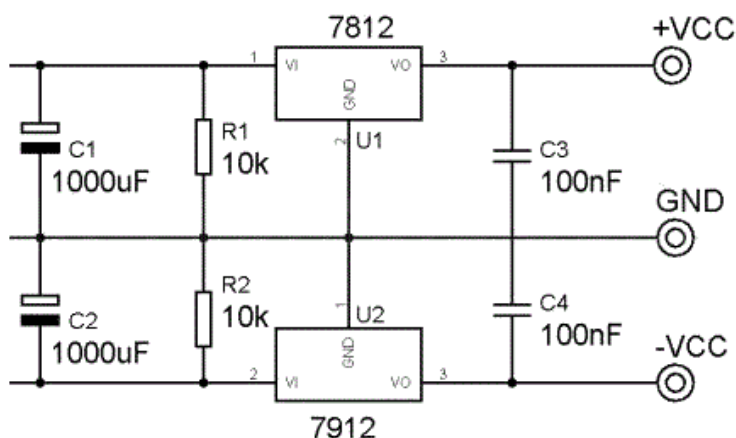
Figura 22 - Circuito Regulador de Tensão confeccionado para alimentar os sensores de efeito Hall



Fonte: Próprio Autor, 2017.

O circuito do regulador de tensão pode ser observado na Figura 23.

Figura 23 - Crcuito projetado para o regulador de tensão simétrico, utilizando LM7812 e LM7912



Fonte: Próprio Autor, 2017.

4.2 SENSORES DE TENSÃO

Uma placa de circuito impresso foi utilizada para a construção de um circuito com divisores de tensão, para a leitura das tensões de cada bateria variando, de 0V a 5V. A placa localiza-se próximo das baterias com as saídas das quatro leituras enviadas através de um cabo blindado até o *shield* (*shield* refere-se a placa de circuito impresso conectada à placa do Arduino) da placa do Arduino. O circuito está ilustrado na Figura 24.

Figura 24 - Circuito Divisor de tensão



Fonte: Próprio Autor, 2017.

Quando executado os primeiros testes foi possível observar uma diferença clara nos valores coletados. Isso ocorreu devido principalmente a tolerância dos resistores utilizados para fazer o divisor de tensão. Os valores analógicos amostrados foram calibrados ajustando-se o ganho de leitura via programação no Arduino.

Foi possível obter uma precisão de 0,1 V na leitura individual de cada bateria, obtendo assim uma precisão com erro menor que 1% se comparado a 12 V de cada bateria.

4.3 SENSORES DE TEMPERATURA

Os sensores de temperatura utilizados foram o LM35. Serão dispostos no circuito afim de monitorar diferentes pontos importantes de serem acompanhados. Foram instalados no motor da embarcação, na chave MOSFET do controlador de velocidade e nos terminais positivos das baterias, o ponto mais crítico a ser observado.

A alimentação do sensor é feita pela própria saída de 5 V do Arduino e a tensão de referência retorna ao microcontrolador através de um cabo blindado e por um filtro RC Passa Baixas muito próximo do pino analógico utilizado. O sinal do LM35 é linear com o aumento da tensão a ser medida (10 mV/°C), e suporta uma temperatura máxima de 150 °C.

A resolução mínima do Arduino é de 5V/1023 níveis, ou seja, 4,8 mV. Sendo assim, se a cada 1 °C temos 10 mV, a resolução mínima é de 0,5 °C. Se a temperatura de operação for maior do que 30 °C, esta resolução de 0,5 °C representa um erro de apenas 1,7 %.

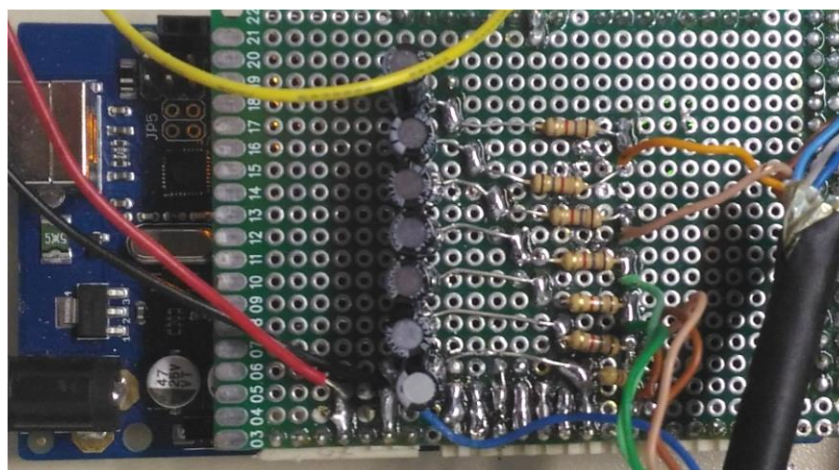
Durante a realização deste trabalho não foi possível alocar os componentes na embarcação, pois não estava finalizada a pintura. Mas em bancada foi testado com apenas um sensor de temperatura e seus valores foram ajustados e comparados à leitura da temperatura de um termopar de um multímetro.

4.4 PLACA DE FILTROS CONECTADOS A PLACA DO ARDUINO

Um circuito impresso foi utilizado para amparar os filtros utilizados no refinamento dos sinais obtidos pelos sensores. Todos os sensores utilizados fornecem sinais de tensão, sendo assim foi padronizado na entrada de cada pino analógico um filtro passa baixas RC com um capacitor eletrolítico de 3,3 uF.

Quanto maior a frequência, menor a impedância vista pelo capacitor, dado que $Z_c = 1/\omega C$. O resistor utilizado é de 1,8 k Ω , efetuando assim um filtro com -20 dB/dec na frequência de corte em 26,7 Hz. A placa construída pode ser vista na Figura 25.

Figura 25 – Placa dos filtros RC Passa Baixas a placa do Arduino com o detalhe da blindagem do cabo dos dados conectados a placa



Fonte: Próprio Autor, 2017.

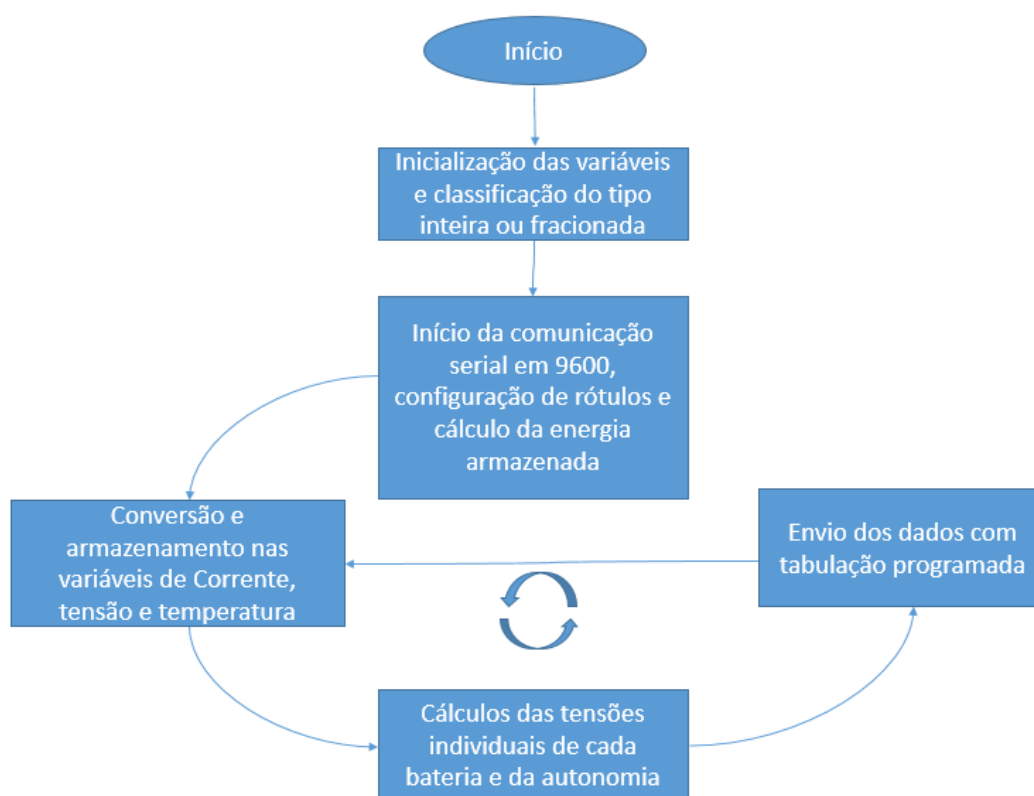
5 PROGRAMAÇÃO

Neste capítulo pode-se visualizar com clareza e objetividade a programação feita para a leitura dos sensores e envio do pacote de dados via RF. Abaixo podemos observar a forma lógica de funcionamento da programação.

5.1 PROGRAMAÇÃO NO ARDUINO

Na Figura 26 pode-se conhecer a estrutura de programação construída para leitura, cálculos e envio dos dados.

Figura 26 - Fluxograma do funcionamento da programação feita no Arduino



Fonte: Próprio Autor, 2017.

A seguir, retirado diretamente da plataforma de programação do Arduino para uma melhor visualização, a programação de cada etapa descrita anteriormente no fluxograma.

Na Figura 27 está a inicialização das variáveis utilizadas no programa, cada variável recebe um valor inicial e o tipo (inteira ou fracionária).

Figura 27 - Etapa de inicialização das variáveis do programa com classificação numeral e valor inicial

```
int ROW = 0; //Variável com valor inteiro de apoio para contagem de linhas
int LABEL = 1; //Variável com valor inteiro de comando para iniciar a
                //apresentação dos dados na primeira linha e coluna do Excel
int Imotor = 0; //Variável que recebe o valor amostrado da corrente no motor
float Ipaineis = 0; //Variável que recebe o valor amostrado da corrente do
                //controlador de carga
int Ibaterias = 0; //Variável que recebe o valor da corrente nas baterias
float Ivalb = 0; //Variável com valor fracionário que recebe o valor da corrente
                //que entra no conversor buck
float vbat1 = 0; //Variável que recebe o valor individual da bateria 1
float valb1 = 0; //Variável que recebe o valor amostrado da primeira bateria
float vbat2 = 0; //Variável que recebe o valor individual da bateria 2
float valb2 = 0; //Variável que recebe o valor amostrado da soma das duas primeiras baterias
float vbat3 = 0; //Variável que recebe o valor individual da bateria 3
float valb3 = 0; //Variável que recebe o valor amostrado da soma das 3 primeiras baterias
float vbat4 = 0; //Variável que recebe o valor individual da bateria 4
float valb4 = 0; //Variável que recebe o valor amostrado da soma das 4 baterias
int TB1 = 0; //Variável que recebe o valor amostrado da temperatura da bateria 1
int TB2 = 0; //Variável que recebe o valor amostrado da temperatura da bateria 2
int TB3 = 0; //Variável que recebe o valor amostrado da temperatura da bateria 3
int TB4 = 0; //Variável que recebe o valor amostrado da temperatura da bateria 4
int TMOT = 0; //Variável que recebe o valor amostrado da temperatura do motor
int TCH = 0; //Variável que recebe o valor amostrado da temperatura na chave
float pot_inicial = 0; //Wh acumulado das baterias
//Variável fracionária para cálculo do Wh inicial das baterias
float pot_var = 0; //Variável de apoio utilizada para calculo da autonomia
float pot_atual = 1; //Variável que recebe o valor atual da potência entregue das baterias
//A variável inicia igual a 1, pois ela esta no denominador de uma operação
float pot_resto = 0; // Variável de apoio que recebe quanto de energia ainda esta armazenada
int minutos = 0; //Variável que recebe os valores em minutos de autonomia
```

Fonte: Próprio Autor, 2017.

ROW é uma variável referente ao número de linhas que será inserida ao Excel;

LABEL é um comando para iniciar o preenchimento dos rótulos (nomes) de cada coluna no Excel.

Essas duas variáveis são utilizadas para interpretação no recebimento de dados na forma serial pela macro criada no Excel.

No setup, configura-se a velocidade de transmissão dos dados, 9600 bits por segundo e é dado os nomes as colunas que irão aparecer no Excel. Também é feito uma consideração de que a carga esteja completamente cheia. É feito o cálculo para utilizar apenas 70% da capacidade real das baterias, devido ao fato de que descargas profundas podem baixar significativamente a vida útil das baterias.

Figura 28 - Etapa do setup na programação, iniciando a comunicação serial e considerando carga completa das baterias

```
void setup(){ // Primeiros comandos executados fora do loop, usado para iniciar apenas uma vez
  Serial.begin(9600); //Início da comunicação serial pelas portas "Tx0" e "RX0"
  pot_inicial = 0.7*1968;
  //limita-se a utilizar apenas 70% da carga total para evitar danos às baterias

  Serial.println("LABEL,Time,Imotor,Ipaineis,Ibaterias,Bat1,Bat2,Bat3,Bat4,tempB1,tempB2,tempB3,tempB4,ROW");
  //Dispõe no Excel no formato de colunas os nomes inseridos entre as "",
  //cada vírgula fará que inicie uma nova coluna
}
```

Fonte: Próprio Autor, 2017.

No loop, é iniciada a leitura e conversão dos dados recebidos em bits para os valores com as grandezas de tensão, corrente e temperatura. Como podemos ver na Figura 29.

Figura 29 - Etapa de conversão do valor em bits para valor analógico das correntes, tensões e temperaturas amostradas dentro do loop

```
void loop(){ //Bloco de repetições, o que o programa irá executar diversas vezes
  //*****Os valores entre parênteses representam o fator que multiplica a leitura do pino analógico
  //*****Devido a calibração o resultado da operação não condiz perfeitamente ao fator
  Imotor = analogRead(A0)*0.229903; //(200/1023)
  //Leitura em níveis do pino A0 para cálculo da corrente
  Ipaineis = analogRead(A1)*0.0488758; //(50/1023)
  //Leitura em níveis do pino A1 para cálculo da corrente do controlador de carga
  Ivalb = analogRead(A2)*0.195503; //(200/1023)
  //Leitura em níveis do pino A2 para encontrar a corrente que entra no conversor buck
  valb1 = analogRead(A3)*0.01602611; //(17/1023)
  //Leitura em níveis do pino A3 para cálculo da tensão da bateria 1
  valb2 = analogRead(A4)*0.0323895; //(34/1023)
  //Leitura em níveis do pino A4 para cálculo da tensão da bateria 1+2
  valb3 = analogRead(A5)*0.0481829; //(51/1023)
  //Leitura em níveis do pino A5 para cálculo da tensão da bateria 1+2+3
  valb4 = analogRead(A6)*0.0645649; //(68/1023)
  //Leitura em níveis do pino A6 para cálculo da tensão da bateria 1+2+3+4
  TB1 = analogRead(A8)*0.0054175*100; //(5/1023)*100
  //Leitura do pino A8 do valor amostrado da temperatura da bateria 1
  TB2 = analogRead(A9)*0.0054175*100; //(5/1023)*100
  //Leitura do pino A9 do valor amostrado da temperatura da bateria 2
  TB3 = analogRead(A10)*0.0054175*100; //(5/1023)*100
  //Leitura do pino A10 do valor amostrado da temperatura da bateria 3
  TB4 = analogRead(A11)*0.0054175*100; //(5/1023)*100
  //Leitura do pino A11 do valor amostrado da temperatura da bateria 4
  TMOT = analogRead(A12)*0.0054175*100; //(5/1023)*100
  //Leitura do pino A12 do valor amostrado da temperatura do motor
  TCH = analogRead(A13)*0.0054175*100; //(5/1023)*100
  //Leitura do pino A13 do valor amostrado da temperatura da chave
}
```

Fonte: Próprio Autor, 2017.

O cálculo do fator multiplicativo da leitura analógica está comentado entre parênteses no programa, esse é o fator que faz a transformação dos bits para a grandeza desejada. Esses valores não correspondem diretamente a operação matemática comentada, pois quando realizados os testes foi feita uma calibração para se chegar a valores que estavam sendo comparados.

A etapa seguinte refere-se aos cálculos feitos dentro do loop para encontrar o valor individual de tensão de cada bateria, corrente das baterias e autonomia. A programação está na Figura 30.

Figura 30 - Etapa de cálculos para encontrar a corrente que circula nas baterias, a tensão individual de cada bateria e a autonomia do sistema

```
Ibaterias = Ivalb - Ipaineis; //Cálculo da corrente no banco de baterias
vbat1 = valb1; //Vbat recebe o valor lido por valb1
vbat2 = valb2 - valb1; //cálculo da tensão individual da bateria 2
vbat3 = valb3 - vbat2 - vbat1; //cálculo da tensão individual da bateria 3
vbat4 = valb4 - vbat3 - vbat2 - vbat1; //cálculo da tensão individual da bateria 4

pot_atual = valb4*Ivalb; //potência instantânea consumida
pot_var = pot_var + (pot_atual)/7200; //transformando para Wh e somando pra cada ponto
pot_resto = pot_inicial - pot_var; //valor da potencia inicial
//menos a potencia consumida pelo conversor em Wh
minutos = 60*((pot_resto)/pot_atual); //atualização de autonomia em minutos
/*esse cálculo demonstra quanto tempo durará a bateria mantendo a potência
atual que o barco está utilizando, baseando-se na potência inicial calculada
*/
```

Fonte: Próprio Autor, 2017.

A variável *Ivalb* se encontra num ponto do circuito onde acontece a soma das correntes dos painéis e das baterias. Por isso, como deseja-se encontrar o valor apenas da corrente nas baterias é feita essa operação matemática.

Para o cálculo da tensão individual das baterias foi utilizada uma lógica simples onde a tensão da bateria atual, será a tensão lida pelo Arduino subtraída da tensão da(s) bateria(s) anterior(es).

É calculada a potência atual em uso do sistema na primeira linha, essa potência é transformada para Wh na segunda linha dividindo por 7200, pois esta leitura acontece a cada 500 ms. Ou seja, somando-se essa mesma potência 7200 vezes temos o valor referente em Wh, isso acontece através da variável *pot_var*, que incrementa a cada loop o seu valor mais o valor da potência atual. É utilizada ainda a variável *pot_resto*, que recebe o valor da potência inicial das baterias, ou seja, quando é feito a inicialização do Arduino e subtrai do acumulado da potência utilizada. Dessa forma, a potência que “sobra” é dividida pela potência atual em uso, multiplicando por 60 para obter o valor em minutos.

Dessa forma, para cada vez que o barco será utilizado é necessário ser feito o reset do Arduino para que as variáveis sejam reinicializadas e o valor da variável *pot_var* seja 0 novamente, do contrário o incremento poderá ser somado muitas vezes e

será maior que o valor inicial da potência das baterias obtendo um valor negativo, sem sentido.

O loop finaliza com a comunicação serial sendo enviada através dos pinos Tx0 e Rx0 do Arduino, o qual está conectado o módulo de RF que fará comunicação com o módulo conectado ao computador. Na Figura 31 está ilustrado a programação que faz o Excel preencher corretamente no Excel os valores amostrados.

Figura 31 - Formatação para correto preenchimento da planilha no Excel

```
Serial.print("DATA,TIME,");//Apresentação das horas para cada linha escrita
Serial.print(Imotor);//A célula do Excel recebe o valor da corrente no motor
Serial.print(",");//Pula para a próxima coluna
Serial.print(Ipaineis,1);//A célula do Excel recebe o valor da corrente no painel com um decimal
Serial.print(",");//Pula para a próxima coluna
Serial.print(Ibaterias);//A célula do Excel recebe o valor da corrente das baterias
Serial.print(",");//Pula para a próxima coluna
Serial.print(vbat1,1);//A célula do Excel recebe o valor de tensão da bateria 1
Serial.print(",");//Pula para a próxima coluna
Serial.print(vbat2,1);//A célula do Excel recebe o valor de tensão da bateria 2
Serial.print(",");//Pula para a próxima coluna
Serial.print(vbat3,1);//A célula do Excel recebe o valor de tensão da bateria 3
Serial.print(",");//Pula para a próxima coluna
Serial.print(vbat4,1);//A célula do Excel recebe o valor de tensão da bateria 4
Serial.print(",");//Pula para a próxima coluna
Serial.print(TB1);//A célula do Excel recebe o valor da temperatura da bateria 1
Serial.print(",");//Pula para a próxima coluna
Serial.print(TB2);//A célula do Excel recebe o valor da temperatura da bateria 2
Serial.print(",");//Pula para a próxima coluna
Serial.print(TB3);//A célula do Excel recebe o valor da temperatura da bateria 3
Serial.print(",");//Pula para a próxima coluna
Serial.print(TB4);//A célula do Excel recebe o valor da temperatura da bateria 4
Serial.print(",");//Pula para a próxima coluna
Serial.print(TMOT);//A célula do Excel recebe o valor da temperatura do motor
Serial.print(",");//Pula para a próxima coluna
Serial.print(TCH);//A célula do Excel recebe o valor da temperatura da chave
Serial.print(",");//Pula para a próxima coluna
Serial.print(minutos);//A célula do Excel recebe o valor dos minutos de autonomia
Serial.print(",");//Pula para a próxima coluna
Serial.println(ROW);//A célula do Excel recebe o valor da linha apresentada
//O println indica para o Excel que finalizou o comando de apresentação
```

Fonte: Próprio Autor, 2017.

A forma como é enviado os dados é necessário para que a macro no Excel entenda como alocar os dados na planilha, preenchendo as colunas com os valores entre parênteses das variáveis a serem apresentadas.

A função “ if “ faz com que o programa reescreva sobre os valores armazenados a cada 240 linhas, ou seja, a cada 2 minutos temos a atualização das variáveis na planilha, pode-se ver a programação na Figura 32.

Figura 32 - Continuação da etapa de envio de dados. O Excel é orientado a sobre escrever os dados

```

if(ROW > 240){ //Se ROW maior que 240 linhas
    ROW = 0;    //recebe o valor de 0
    Serial.println("ROW,SET,2");// A célula é alterada para a linha 2 e coluna 1
}
delay(500); //tempo de 500ms
//A cada 2 minutos são recebidos 240 dados a cada 500ms, após isso
//o programa reescreve sobre os valores na planilha
}

```

Fonte: Próprio Autor, 2017.

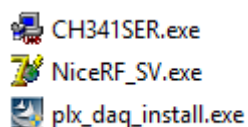
Isso foi escolhido de tal forma que não acumulasse grandes números de linhas no Excel, pois assim é possível calcular a potência média, valores de tensão das baterias dentro de um intervalo de tempo de 2 minutos, mantendo assim mais atualizada a informação.

Se o tempo coletando dados fosse muito maior, as funções utilizadas no Excel de mínimo, máximo e média poderiam não ser verdadeiras, pois num período maior de tempo há valores muito diferentes de consumo, tensão, corrente etc.

5.2 PROGRAMAÇÃO NO COMPUTADOR

A programação feita no computador se resume a instalação do driver do módulo de RF. Ao fazer a instalação o computador entende o módulo como uma entrada de comunicação serial. Não necessitando fazer nenhum tipo de alteração na programação do módulo, os valores por default de fábrica já atendem os requisitos e a comunicação é estabelecida sem maiores problemas.

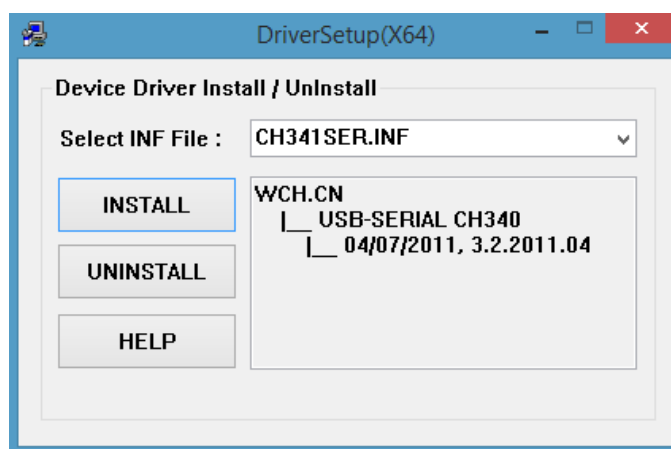
Figura 33 - Programas de instalação para utilizar os módulos e a macro no Excel



Fonte: Próprio Autor, 2017.

Para fazer a instalação do driver que identifica o módulo de comunicação serial para o computador, deve-se executar o arquivo com nome de “CH341SER.exe”. Ao executá-lo irá aparecer uma tela pedindo para instalar o aplicativo, basta apenas clicar em “INSTALL”, a Figura 34 mostra a tela de instalação.

Figura 34 - Tela de instalação do driver de reconhecimento do módulo como entrada para comunicação serial



Fonte: Próprio Autor, 2017.

É possível executar o arquivo “NiceRF_SV.exe” afim de se alterar a forma como os módulos irão operar. Mas para os fins deste trabalho nenhuma alteração é necessária, o padrão por *default* do produto atendeu às necessidades.

No entanto, na Figura 35 é apresentado a tela de inicialização para alteração de funcionamento do módulo de RF, possuindo alguns *bugs* na apresentação gráfica.

Figura 35 - Interface de Programação do módulo NiceRF Wireless Technology Co., Ltd.



Fonte: Próprio Autor, 2017.

Outra programação executada é a instalação do PLXDAQ, que faz o recebimento dos dados na forma serial e transfere para a planilha. Mas é apenas um arquivo executável de fácil utilização. Os passos para instalação estão no formato de imagens no Apêndice A deste trabalho.

6 APRESENTAÇÃO GRÁFICA

A planilha com o recebimento dos dados ficou na primeira aba, podemos ver como fica o recebimento dos dados na Figura 36. Esta planilha encontra-se no Apêndice B deste trabalho para melhor visualização.

Figura 36 - Planilha Excel de recebimento dos dados via comunicação sem fio

#	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W
1	Time	Imotor	Ipainéis	Ibaterias	Bat1	Bat2	Bat3	Bat4	tempB1	tempB2	tempB3	tempB4	tempMot	tempCH	minutos	ROW	VBAT	PotBat	PotSol	PotMot	TensaoMot		
2	19:29:23	15,00	10	5	12,2	12,4	12,8	12,7	24	24	24	25	100	75	40	1	50,1	251	501	751,5	50,1	Pot media Bat	
3	19:29:23	15,00	10	5	12,2	12,4	12,9	12,7	24	24	24	24	100	65	40	2	50,2	251	502	753	50,2	251,0	
4	19:29:23	15,00	10	5	12,2	12,4	12,9	12,7	25	24	24	24	100	64	40	3	50,2	251	502	753	50,2	Pot media Sol	
5	19:29:24	15,00	10	5	12,2	12,4	12,9	12,7	24	24	24	24	100	63	40	4	50,2	251	502	753	50,2	502,0	
6	19:29:24	15,00	10	5	12,2	12,4	12,9	12,7	24	24	24	24	98	64	40	5	50,2	251	502	753	50,2	Pot media Motor	
7	19:29:25	15,00	10	5	12,2	12,4	12,8	12,7	24	24	24	25	98	64	40	6	50,1	251	501	751,5	50,1	753,0	
8	19:29:25	15,00	10	5	12,2	12,4	12,9	12,7	24	24	24	24	98	60	40	7	50,2	251	502	753	50,2	Tensão média	
9	19:29:26	15,00	10	5	12,2	12,4	12,9	12,7	25	24	25	24	98	58	40	8	50,2	251	502	753	50,2	50,2	
10	19:29:26	15,00	10	5	12,2	12,4	12,9	12,7	24	24	24	24	98	57	40	9	50,2	251	502	753	50,2		
11	19:29:27	15,00	10	5	12,2	12,4	12,9	12,7	24	24	24	24	98	55	40	10	50,2	251	502	753	50,2		
12	19:29:27	15,00	10	5	12,2	12,4	12,9	12,7	25	24	24	24	98	53	39	11	50,2	251	502	753	50,2		
13	19:29:28	15,00	10	5	12,2	12,4	12,9	12,7	24	24	25	24	98	52	39	12	50,2	251	502	753	50,2		
14	19:29:34	15,00	10	5	12,2	12,4	12,9	12,7	24	24	24	24	97	50	39	13	50,2	251	502	753	50,2		
15	19:29:34	15,00	10	5	12,2	12,4	12,9	12,7	24	24	24	24	97	48	39	14	50,2	251	502	753	50,2		
16	19:29:34	15,00	10	5	12,2	12,4	12,9	12,7	24	24	24	24	97	46	39	15	50,2	251	502	753	50,2		
17	19:29:34	15,00	10	5	12,2	12,4	12,9	12,7	25	24	24	24	97	45	39	16	50,2	251	502	753	50,2		
18	19:29:34	15,00	10	5	12,2	12,4	12,8	12,7	24	24	24	24	96	43	39	17	50,1	251	501	751,5	50,1		
19	19:29:34	15,00	10	5	12,2	12,4	12,9	12,7	24	24	24	24	96	41	39	18	50,2	251	502	753	50,2		
20	19:29:34	15,00	10	5	12,2	12,4	12,9	12,7	24	24	24	24	96	40	39	19	50,2	251	502	753	50,2		
21	19:29:34	15,00	10	5	12,2	12,4	12,9	12,8	24	24	24	24	96	38	39	20	50,3	252	503	754,5	50,3		
22	19:29:34	15,00	10	5	12,2	12,4	12,9	12,7	24	24	24	24	95	36	39	21	50,2	251	502	753	50,2		
23	19:29:34	15,00	10	5	12,2	12,4	12,9	12,7	24	24	24	24	95	35	39	22	50,2	251	502	753	50,2		
24	19:29:34	15,00	10	5	12,2	12,4	12,9	12,7	24	24	24	24	95	33	39	23	50,2	251	502	753	50,2		
25	19:29:34	15,00	10	5	12,2	12,4	12,9	12,7	24	24	24	24	95	31	38	24	50,2	251	502	753	50,2		
26	19:29:34	15,00	10	5	12,2	12,4	12,9	12,8	24	24	25	24	95	30	38	25	50,3	252	503	754,5	50,3		
27	19:29:35	15,00	10	5	12,2	12,4	12,9	12,7	24	24	24	24	94	28	38	26	50,2	251	502	753	50,2		
28	19:29:35	15,00	10	5	12,2	12,4	12,9	12,7	24	24	24	24	94	26	38	27	50,2	251	502	753	50,2		
29	19:29:36	15,00	10	5	12,2	12,4	12,8	12,7	24	24	24	24	94	25	38	28	50,1	251	501	751,5	50,1		
30	19:29:36	15,00	10	5	12,2	12,4	12,9	12,7	24	24	24	24	94	23	38	29	50,2	251	502	753	50,2		
31	19:29:37	15,00	10	5	12,2	12,4	12,9	12,7	24	24	24	24	93	21	38	30	50,2	251	502	753	50,2		
32	19:29:37	15,00	10	5	12,2	12,4	12,9	12,8	24	24	24	24	93	19	38	31	50,3	252	503	754,5	50,3		
33	19:29:38	15,00	10	5	12,2	12,4	12,9	12,7	24	24	24	24	93	18	38	32	50,2	251	502	753	50,2		
34	19:29:38	15,00	10	5	12,2	12,4	12,9	12,7	25	24	24	24	93	16	38	33	50,2	251	502	753	50,2		
35	19:29:39	15,00	10	5	12,2	12,4	12,9	12,7	24	24	24	24	93	14	38	34	50,2	251	502	753	50,2		
36	19:29:39	15,00	10	5	12,2	12,4	12,9	12,7	25	24	24	24	92	13	38	35	50,2	251	502	753	50,2		
37	19:29:40	15,00	10	5	12,2	12,4	12,8	12,7	24	24	24	24	92	11	38	36	50,1	251	501	751,5	50,1		
38	19:29:40	15,00	10	5	12,2	12,4	12,9	12,7	24	24	24	24	92	9	38	37	50,2	251	502	753	50,2		
39	19:29:41	15,00	10	5	12,2	12,4	12,9	12,7	25	24	24	24	92	8	37	38	50,2	251	502	753	50,2		
40	19:29:41	15,00	10	5	12,2	12,4	12,9	12,7	24	25	24	24	91	6	37	39	50,2	251	502	753	50,2		
41	19:29:42	15,00	10	5	12,2	12,4	12,9	12,7	24	24	25	24	91	4	37	40	50,2	251	502	753	50,2		
42	19:29:42	15,00	10	5	12,2	12,4	12,9	12,8	24	24	24	24	91	3	37	41	50,3	252	503	754,5	50,3		
43	19:29:43	15,00	10	5	12,2	12,4	12,9	12,7	24	24	24	24	91	1	37	42	50,2	251	502	753	50,2		

Fonte: Próprio Autor, 2017.

Na coluna ‘Q’ é feito pelo Excel a soma da tensão das 4 baterias, obtendo o valor total de tensão do banco.

A coluna ‘T’ calcula a potência consumida pelo conversor *buck* multiplicando a tensão do banco com a soma das correntes dos painéis e da bateria.

A coluna ‘S’ calcula a potência de geração de energia solar, multiplicando a tensão do banco de baterias com a corrente dos painéis.

Na coluna ‘R’ encontra-se a potência cedida ou absorvida das baterias pela multiplicação direta da tensão e corrente do banco. Como a corrente das baterias foi deduzida no Capítulo 5 através de programação, teremos uma corrente positiva quando as baterias estiverem cedendo energia, e uma corrente negativa quando receberem energia.

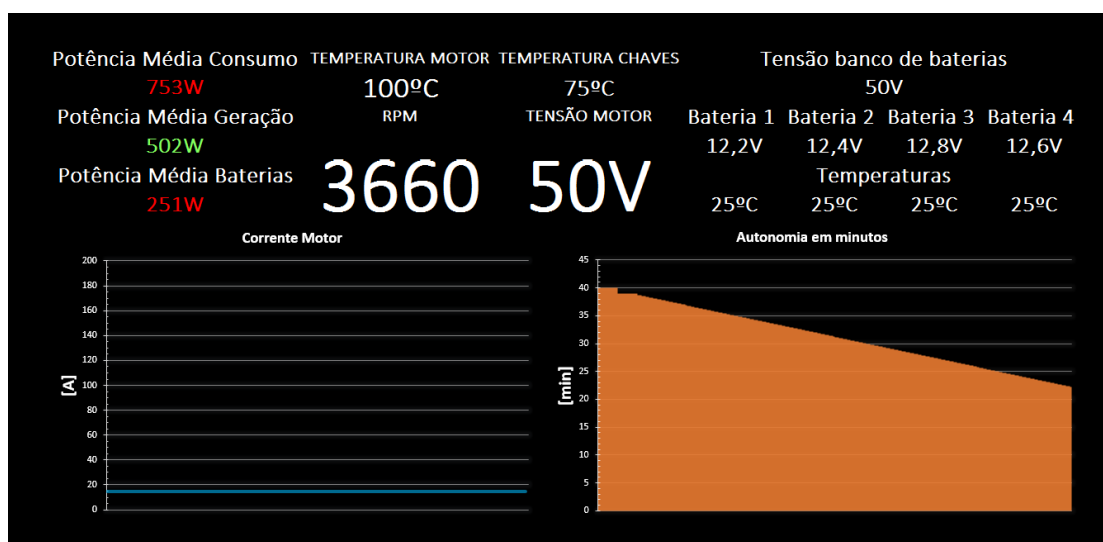
Temos na coluna ‘V’ o valor médio dos 240 pontos coletados para a potência média das baterias, potência de geração de energia solar, potência consumida pelo controlador de velocidade do motor e tensão no motor.

Para melhor visualização da potência das baterias, quando em vermelho os dados da bateria, a mesma está fornecendo energia e em verde ela está recebendo energia.

Foi considerado um rendimento para o conversor *buck* de 96% afim de não se idealizar o conversor e assim poder estimar a real potência consumida pelo motor. Utilizando esse dado e também da corrente do motor encontramos facilmente qual a tensão aplicada ao motor dividindo a potência pela corrente.

Utilizando o Excel foi possível elaborar um “painel” com as informações mais interessantes para monitoramento. Alguns cálculos foram feitos dentro do Excel para serem apresentados, a versão final da tela de monitoramento pode ser vista na Figura 37.

Figura 37 - Interface de monitoramento criada no Excel para apresentação dos dados mais relevantes à serem monitorados



Fonte: Próprio Autor, 2017.

Todos os dados apresentados possuem as legendas ao que se referem e unidades de medidas.

A rotação do motor (na Figura 36, abaixo de RPM) é estimada pelo valor de tensão média no tempo de 2 minutos de aquisição de dados de tensão do motor. Para 48V o fabricante do motor diz possuir 3500 revoluções por minuto. Daí então é feito um cálculo proporcional para encontramos a rotação para as demais tensões.

O método possui um erro muito grande, pois a rotação também é influenciada pelo torque aplicado ao motor, quanto maior, mais lenta será a rotação. Outro fator é o rendimento do conversor que foi estimado para poder encontrar a tensão aplicada.

7 CONCLUSÃO

O trabalho iniciou diante de uma necessidade dentro do projeto Desafio Solar Brasil 2017, com a finalidade de conseguir obter dados à distância e em tempo real da embarcação quando em navegação.

Conclui-se com este trabalho a criação de uma ferramenta para monitoramento da embarcação tipo catamarã. Tal inovação para o projeto terá grande utilização pela equipe nas próximas competições.

A versatilidade da ferramenta é um ponto principal deste trabalho, diante de que para as próximas gerações de estudantes que passarem pelo projeto tenham facilidade ao utilizar a ferramenta, entendê-la e até mesmo monitorar outros dados, utilizar novos sensores e módulos que o Arduino suporta.

Diversos conhecimentos foram necessários durante a realização deste trabalho, pois o mesmo exigiu adquirir novos conhecimentos na área de programação, eletrônica de potência, microeletrônica, comunicação via rádio frequência, ondas eletromagnéticas e conhecimento de ferramentas matemáticas e gráficas do Excel. Além do aprendizado prático adquirido quanto a contornar situações com criatividade.

A função de telemetria da embarcação atua de forma separada do comando de velocidade do barco e do comando de direção remota que o barco possui, possui-se 3 setores que podem ser agrupados em apenas um microcontrolador, tornando-o um sistema central. É possível também inserir dados de velocidade e posição através de módulos GPS compatíveis com a plataforma Arduino.

Não foi o foco principal do trabalho, mas tendo os dados de temperatura e tensão das baterias também será possível desenvolver um algoritmo que indique com precisão a carga atual das baterias e até mesmo traçar curvas e parâmetros a serem estudados, talvez num novo trabalho, sobre o comportamento e atuação das baterias no barco solar.

REFERÊNCIAS

BARBI, I; MARTINS, D. C. **Conversores CC-CC Básico não Isolados**. Florianópolis: Editora da UFSC, 2000.

BARBI, I. **Eletrônica de Potência**: Projeto de Fontes Chaveadas. Edição do Autor. Ed. Florianópolis: Editora da UFSC, 2007.

DACOL, R. P. **Resumo das Atividades de Iniciação Científica – Processamento eletrônico de Energia Fotovoltaica**. Universidade do Estado de Santa Catarina. Joinville. 2012.

MELLO, A. M, MARX, R, SOUZA, A. Exploring scenarios for the possibility of developing design and production competencies of electrical vehicles in Brazil. **Int. J. Automotive Technology and Management**, 13 (3), pp. 289-314. 2013.

SADIKU, M. N. O. Elementos de Eletromagnetismo, 5^a. Edição Bookman, 2012.

BANZI, M., CUARTIELLES, D., IGOE, T., MARTINO, G., MELLIS, D. **Arduino**. Disponível em: <<https://www.arduino.cc/>> Acesso em: 23 de abril de 2017.

PRADO, S., **Embarcados**. Disponível em: <<http://www.embarcados.com.br/>> Acesso em: 20 de março de 2017.

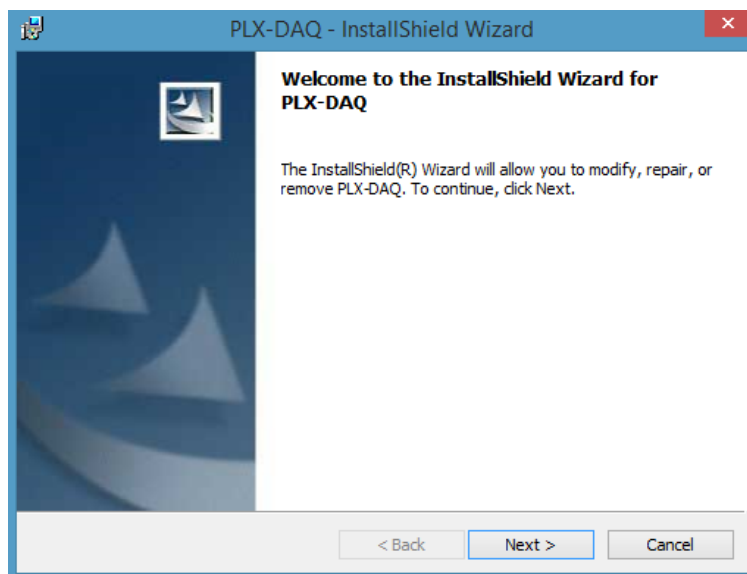
RODRIGUES, M. **Lab de Garagem**. Disponível em: <<http://labdegaragem.com/video/arduino-excel-com-plx-daq>> Acesso em: 10 de maio de 2017.

APÊNDICES

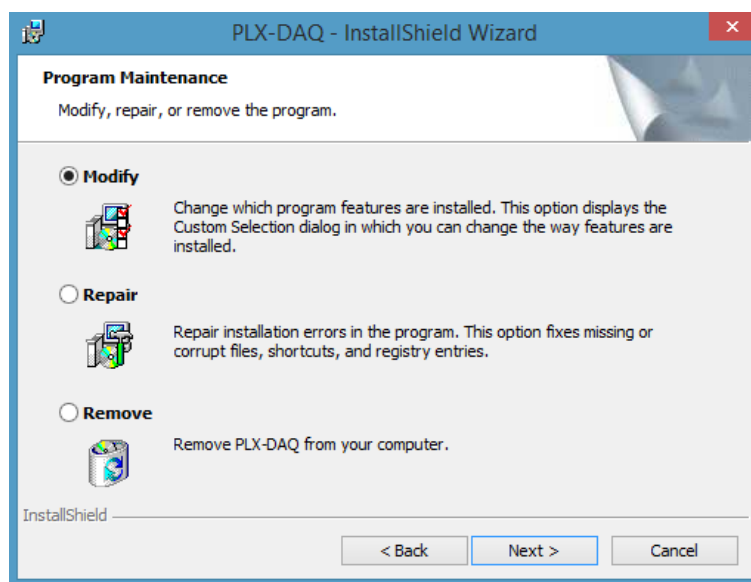
APÊNDICE A – Instalação do software PLXDAQ

A seguir pode ser visto os passos para instalação do software “plx_daq_install.exe”.

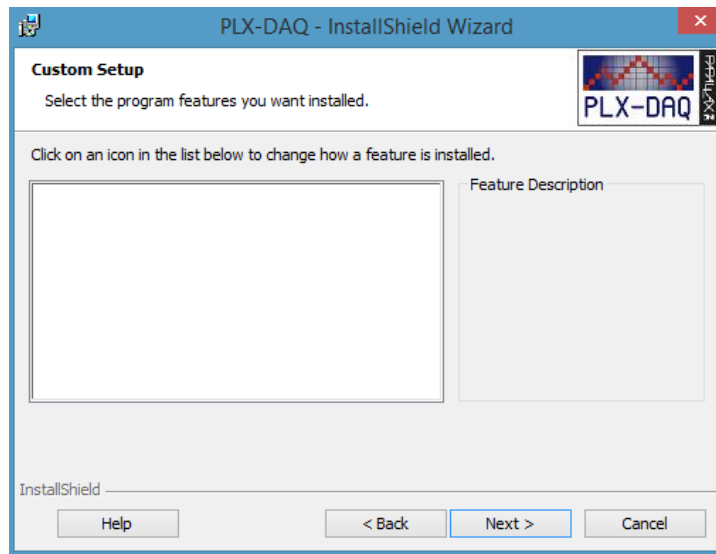
Na primeira imagem pode-se ver a tela que abre ao executar o arquivo. O usuário deve dar *next* para prosseguir



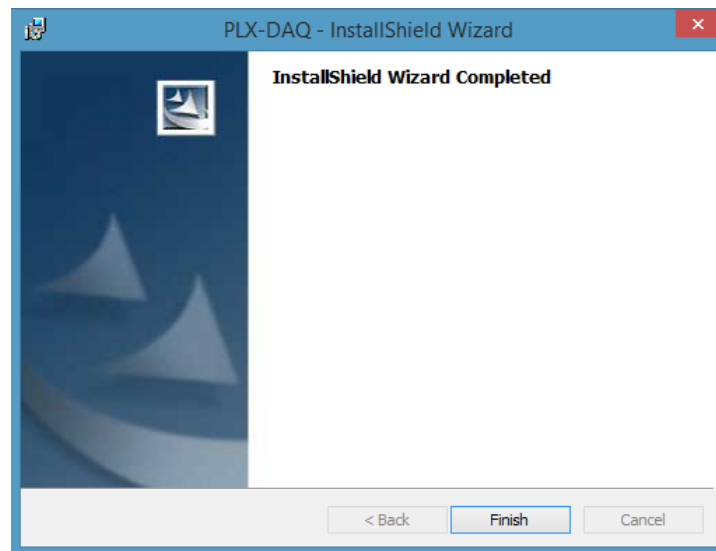
A segunda tela irá mostrar as opções disponíveis, para este caso o programa já estava instalado, então a opção é *Modify*, mas para novos usuários seria *Install*



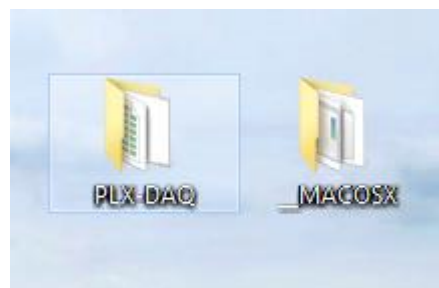
A seguir, abrirá uma janela vazia, bastando continuar a clicar em *next*.



A instalação é completada e finalizada.



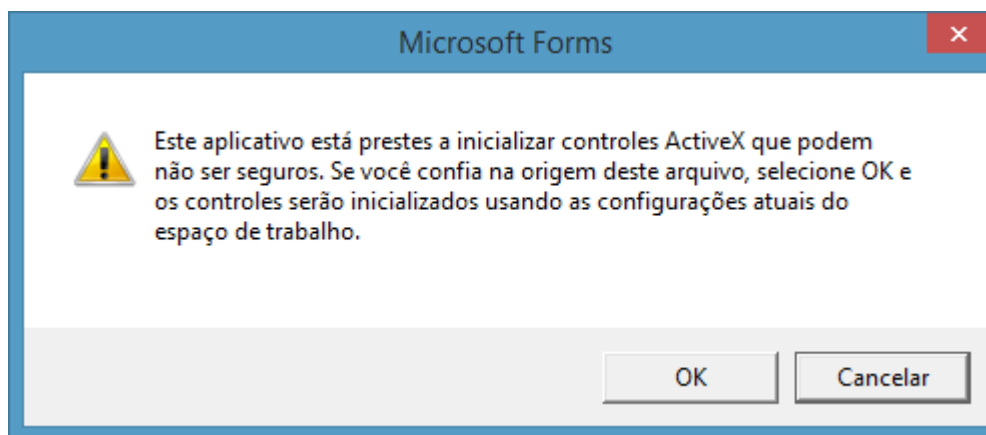
Duas pastas serão criadas, o arquivo Excel se encontra na pasta PLX DAQ, na outra pasta temos alguns exemplos e o arquivo instalador.



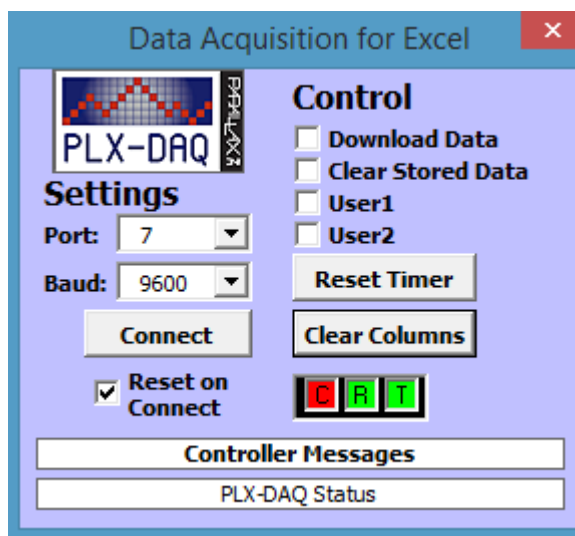
Abrindo a pasta PLXDAQ encontra-se o arquivo PLX-DAQ Spreadsheet, o qual será aberto.

 PLX-DAQ Help File	30/05/2017 22:37	Atalho	3 KB
 PLX-DAQ Spreadsheet	30/05/2017 22:37	Atalho	2 KB

Uma mensagem de alerta irá perguntar se o usuário quer abrir o arquivo, pois a macro que foi criada para ler dados no formato serial precisa de autorização para iniciar controles ActiveX.



Uma planilha do Excel será aberta e a tela seguinte é exibida. O usuário poderá configurar a porta a qual está vinculada a comunicação serial no computador, a velocidade de transmissão de bits. E para começar a ler os dados deve-se clicar em *Connect*.



APÊNCICE B – Imagem da planilha do Excel

Neste apêndice pode-se visualizar melhor a planilha do Excel exibida no Capítulo 6.

		Resumo										Dados										Simple Data with Plots										Interactive Bar Graph										+										:										◀										▶																																							
		Motor					Ibaterias					D					E					F					G					H					I					J					K					L					M					N					O					P					Q					R					S					T					U					V					W				
1	Time	A	B	C	D	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100						
2	192923	1500	10	5	122	124	128	127	24	24	24	25	100	75	40	1	50.1	251	501	751.5	50.1	Pot media Bat																																																																																									
3	192923	1500	10	5	122	124	129	127	24	24	24	24	100	65	40	2	50.2	251	502	753	50.2	Pot media Sol																																																																																									
4	192923	1500	10	5	122	124	129	127	25	24	24	24	100	64	40	3	50.2	251	502	753	50.2	Pot media Sol																																																																																									
5	192924	1500	10	5	122	124	129	127	24	24	24	24	100	63	40	4	50.2	251	502	753	50.2	Pot media Sol																																																																																									
6	192924	1500	10	5	122	124	129	127	24	24	24	24	98	64	40	5	50.2	251	502	753	50.2	Pot media Motor																																																																																									
7	192925	1500	10	5	122	124	128	127	24	24	24	24	25	98	64	40	6	50.1	251	501	751.5	50.1	Pot media Motor																																																																																								
8	192925	1500	10	5	122	124	129	127	24	24	24	24	24	98	60	40	7	50.2	251	502	753	50.2	Tensão média																																																																																								
9	192926	1500	10	5	122	124	129	127	25	24	24	24	24	98	58	40	8	50.2	251	502	753	50.2	Tensão média																																																																																								
10	192926	1500	10	5	122	124	129	127	24	24	24	24	24	98	57	40	9	50.2	251	502	753	50.2	Tensão média																																																																																								
11	192927	1500	10	5	122	124	129	127	24	24	24	24	24	98	55	40	10	50.2	251	502	753	50.2	Tensão média																																																																																								
12	192927	1500	10	5	122	124	129	127	25	24	24	24	24	98	53	39	11	50.2	251	502	753	50.2	Tensão média																																																																																								
13	192928	1500	10	5	122	124	129	127	24	24	24	24	24	98	52	39	12	50.2	251	502	753	50.2	Tensão média																																																																																								
14	192934	1500	10	5	122	124	129	127	24	24	24	24	24	97	50	39	13	50.2	251	502	753	50.2	Tensão média																																																																																								
15	192934	1500	10	5	122	124	129	127	24	24	24	24	24	97	48	39	14	50.2	251	502	753	50.2	Tensão média																																																																																								
16	192934	1500	10	5	122	124	129	127	24	24	24	24	24	97	46	39	15	50.2	251	502	753	50.2	Tensão média																																																																																								
17	192934	1500	10	5	122	124	129	127	25	24	24	24	24	97	45	39	16	50.2	251	502	753	50.2	Tensão média																																																																																								
18	192934	1500	10	5	122	124	128	127	24	24	24	24	24	96	43	39	17	50.1	251	501	751.5	50.1	Tensão média																																																																																								
19	192934	1500	10	5	122	124	129	127	24	24	24	24	24	96	41	39	18	50.2	251	502	753	50.2	Tensão média																																																																																								
20	192934	1500	10	5	122	124	129	127	24	24	24	24	24	96	40	39	19	50.2	251	502	753	50.2	Tensão média																																																																																								
21	192934	1500	10	5	122	124	129	128	24	24	24	24	24	96	38	39	20	50.3	252	503	754.5	50.3	Tensão média																																																																																								
22	192934	1500	10	5	122	124	129	127	24	24	24	24	24	95	36	39	21	50.2	251	502	753	50.2	Tensão média																																																																																								
23	192934	1500	10	5	122	124	129	127	24	24	24	24	24	95	35	39	22	50.2	251	502	753	50.2	Tensão média																																																																																								
24	192934	1500	10	5	122	124	129	127	24	24	24	24	24	95	33	39	23	50.2	251	502	753	50.2	Tensão média																																																																																								
25	192934	1500	10	5	122	124	129	127	24	24	24	24	24	95	31	38	24	50.2	251	502	753	50.2	Tensão média																																																																																								
26	192934	1500	10	5	122	124	129	128	24	24	24	24	24	95	30	38	25	50.3	252	503	754.5	50.3	Tensão média																																																																																								
27	192935	1500	10	5	122	124	129	127	24	24	24	24	24	94	28	38	26	50.2	251	502	753	50.2	Tensão média																																																																																								
28	192935	1500	10	5	122	124	129	127	24	24	24	24	24	94	26	38	27	50.2	251	502	753	50.2	Tensão média																																																																																								
29	192936	1500	10	5	122	124	128	127	24	24	24	24	24	94	25	38	28	50.1	251	501	751.5	50.1	Tensão média																																																																																								
30	192936	1500	10	5	122	124	129	127	24	24	24	24	24	94	23	38	29	50.2	251	502	753	50.2	Tensão média																																																																																								
31	192937	1500	10	5	122	124	129	127	24	24	24	24	24	93	21	38	30	50.2	251	502	753	50.2	Tensão média																																																																																								
32	192937	1500	10	5	122	124	129	128	24	24	24	24	24	93	19	38	31	50.3	252	503	754.5	50.3	Tensão média																																																																																								
33	192938	1500	10	5	122	124	129	127	24	24	24	24	24	93	18	38	32	50.2	251	502	753	50.2	Tensão média																																																																																								
34	192938	1500	10	5	122	124	129	127	25	24	24	24	24	93	16	38	33	50.2	251	502	753	50.2	Tensão média																																																																																								
35	192939	1500	10	5	122	124	129	127	24	24	24	24	24	93	14	38	34	50.2	251	502	753	50.2	Tensão média																																																																																								
36	192939	1500	10	5	122	124	129	127	25	24	24	24	24	92	13	38	35	50.2	251	502	753	50.2	Tensão média																																																																																								
37	192940	1500	10	5	122	124	128	127	24	24	24	24	24	92	11	38	36	50.1	251	501	751.5	50.1	Tensão média																																																																																								
38	192940	1500	10	5	122	124	129	127	24	24	24	24	24	92	9	38	37	50.2	251	502	753	50.2	Tensão média																																																																																								
39	192941	1500	10	5	122	124	129	127	25	24	24	24	24	92	8	37	38	50.2	251	502	753	50.2	Tensão média																																																																																								
40	192941	1500	10	5	122	124	129	127	24	24	24	24	24	91	6	37	39	50.2	251	502	753	50.2	Tensão média																																																																																								
41	192942	1500	10	5	122	124	129	127	24	24	24	24	24	91	4	37	40	50.2	251	502	753	50.2	Tensão média																																																																																								
42	192942	1500	10	5	122	124	129	128	24	24	24	24	24	91	3	37	41	50.3	252	503	754.5	50.3	Tensão média																																																																																								
43	192943	1500	10	5	122	124	129	127	24	24	24	24	24	91	1	37	42	50.2	251	502	753	50.2	Tensão média																																																																																								