Universidade de Brasília - UnB

Faculdade UnB Gama - FGA

Curso de Engenharia de Energia

SISTEMA HÍBRIDO EÓLICO-FOTOVOLTAICO

Autor: Lana Beatriz Campelo Oliveira

Orientador: Rudi Henri van Els

Brasília, DF
2015

LANA BEATRIZ CAMPELO OLIVEIRA

SISTEMA HÍBRIDO EÓLICO-FOTOVOLTAICO

Monografia submetida ao curso de graduação em Engenharia de Energia da Universidade de Brasília, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia de Energia.

Orientador: Dr. Rudi Henri van Els

Brasília, DF

2015

CIP – Catalogação Internacional da Publicação*

OLIVEIRA, Lana Beatriz Campelo.
Sistema Híbrido Eólico-solar / Lana Beatriz Campelo Oliveira. Brasília: UnB, 2015. 93 p. : il. ; 29,5 cm.

Monografia (Graduação) – Universidade de Brasília Faculdade do Gama, Brasília, 2015. Orientação: Rudi Henri van Els.

1.Solar. 2. Eólica. 3. Sistema Híbrido I. ELS, Rudi Henri van. II. Sistema Híbrido eólico-solar.

CDU Classificação

SISTEMA HÍBRIDO EÓLICO-FOTOVOLTAICO DE BAIXA POTENCIA

Lana Beatriz Campelo Oliveira

Monografia submetida como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia de Energia da Faculdade UnB Gama - FGA, da Universidade de Brasília, em 06/07/2015 apresentada e aprovada pela banca examinadora abaixo assinada:

Prof. Doutro: Rudi Henri van Els, UnB/ FGA

Orientador

Prof. Doutor: Luis Filomeno de Jesus Fernandes, UnB/ FGA

Membro Convidado

Prof. Doutor: Jorge Andrés Cormane Angarita, UnB/ FGA

Membro Convidado

Brasília, DF

2015

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço à minha família, em especial meus pais Felinto e Maria, que estiveram presente e me transmitiram força nos momentos difíceis da realização deste trabalho e durante todo o curso.

Agradeço em especial ao meu professor e orientador Doutor Rudi Henri van Els pelos seus ensinamentos teóricos e práticos, pelos concelhos e pela sua paciência que resultaram na realização desse trabalho. E à faculdade que me cedeu espaço para realizar o trabalho prático.

Agradeço aos meus amigos que tornaram este período mais empolgante me dando apoio e também acreditando na realização deste projeto.

Agradecer em especial ao ex-aluno Pedro Rabelo, que iniciamos parte dos trabalhos juntos e ao Thiago de Oliveira que me auxiliou na elaboração dos circuitos.

RESUMO

O estudo sobre geração de energia elétrica proveniente de fontes renováveis é importante, pois a inserção dessas fontes tem contribuído cada vez mais nas matrizes energéticas e é caracterizada pela diminuição de impactos ambientais. Este trabalho de conclusão de curso apresenta um sistema híbrido eólico-fotovoltaico implementado no *campus* Gama da Universidade de Brasília. A partir de uma analisa do vento e da irradiância solar incidentes no *campus* Gama foram calculados seus respectivos potenciais de geração de energia. Uma revisão sobre sistemas híbridos, energia fotovoltaica e sistemas eólicos deu fundamentação a elaboração do sistema eólico-fotovoltaico composto por duas placas solares de 140 W, um aerogerador de 400 W a fim de alimenta uma carga em corrente contínua de forma independente da rede elétrica. O resultado obtido é uma bancada didática, localizada no laboratório de eletricidade do *campus*, constituída de painéis de ligação das entradas e saídas das fontes de energia elétrica e dos sistemas sob análise. Os painéis possuem configurações que possibilitam a montagem do sistema pelo aluno. É possível a montagem do sistema solar ou eólico e a junção dos dois resultando no sistema híbrido. A medição e análise de tensão e corrente podem ser realizadas em quatro pontos diferentes de forma simultâneas. Um dos elementos mais críticos do sistema é o controlador de carga. Ele funciona de forma a receber a energia elétrica gerada pelas duas fontes, carregar e receber a energia do banco de baterias e fornecer energia para a carga. A bancada didática possibilitou o entendimento do controlador de carga e mostrou a necessidade de elaboração de um controlador de carga mais robusto e com duas entradas independentes.

Palavras-chave: Solar. Eólica. Sistema híbrido. Bancada didática.

ABSTRACT

The study on generation of electricity from renewable sources is importante, as the insertion of these sources has contributed increasingly in the energy matrix and is , characterized by the reduction of environmental impacts. This work presents a wind-photovoltaic hybrid system implemented in the Gama campus of the University of Brasilia. From an analyzes of wind and solar irradiance incident on campus Gama, their respective potential power and energy generation was calculated. A review of hybrid systems, photovoltaic and wind energy systems permitted the design the wind-photovoltaic hybrid system that consisted of two 140W solar panels, a 400W wind turbine, in order to feed a direct current load independently of the electrical network. The result is a didactic workbench, located in the electricity laboratory of the campus, consisting of mounting boards with the energy sources inputs and outputs and the system beeing analysed. The board have settings that allow the mounting of the system by the student. It is possible to mount the solar or wind system and the combining of both in a hybrid system. The measurement and analyses of voltage and current can be performed in four different points simultaneously. One of the most critical elements of the system is the load controller. It works in order to receive the electricity generated by the two sources, charge the battery bank and provide power to the load. The bench permitted the analysis of the load controller and showed the necessity to design a more robuts controller with independent power inlets.

Keywords: Solar. Wind. Hybrid system. Didactic bench

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Estação Meteorológica. 22
Figura 2: Irradiância em um dia de Janeiro. 23
Figura 3: Irradiância em um dia de Fevereiro. 23
Figura 4: Irradiância em um dia de Março. 23
Figura 5: Irradiância em um dia de Abril. 23
Figura 6: Irradiância em um dia de Maio. 24
Figura 7: Irradiância em um dia de Junho. 24
Figura 8: Velocidade do vento em Janeiro. 27
Figura 9: Velocidade do vento em Fevereiro. 27
Figura 10: Velocidade do vento em Março. 28
Figura 11: Velocidade do vento em Abril. 28
Figura 12: Velocidade do vento em Maio. 28
Figura 13: Velocidade do vento em Junho. 28
Figura 14: Vento e irradiância em Janeiro. 30
Figura 15: Vento e irradiância em Fevereiro. 30
Figura 16: Vento e irradiância em Março. 31
Figura 17: Vento e irradiância em Abril. 31
Figura 18: Vento e irradiância em Maio. 31
Figura 19: Vento e irradiância em Junho. 31
Figura 20: Configuração geral de sistema híbrido. 34
Figura 21: Sistema híbrido eólico-fotovoltaico. 35
Figura 22: Vista do sistema instalado. 36
Figura 23: Aerogerador de pequeno porte. 36
Figura 24: Painéis solares. 36
Figura 25: Controlador de carga. 39
Figura 26: Bateria utilizada no sistema. 40
Figura 27: Configuração 1. 41
Figura 28: Configuração 2. 42
Figura 29: Configuração 3. 42
Figura 30: Configuração dos transdutores, placa de aquisição de dados e computador. 44
Figura 31: Circuito do transdutor de corrente. 45

Figura 32: Transdutor instalado. 45
Figura 33: Relação tensão de saída e corrente lida..... 45
Figura 34: Circuito do transdutor de tensão..... 46
Figura 35: Transdutor de tensão instalado. 46
Figura 36: USB-6008 da *NI*. 47
Figura 37: Configuração referenciada a terra..... 47
Figura 38: Conexão dos transdutores e do NI USB. 48
Figura 39: Estrutura da bancada montada..... 49
Figura 40: Frente da placa 2 da bancada..... 50
Figura 41: Placa 2 instalada. 50
Figura 42: Frente da placa 1 da bancada..... 51
Figura 43: Placa 1 instalada. 51
Figura 44: Configuração de energia solar..... 54
Figura 45: Primeiro experimento solar. 54
Figura 46: Recarga da bateria. 55
Figura 47: Recarga da bateria e alimentação da carga. 55
Figura 48: Medição com a bateria carregada. 56
Figura 49: Configuração de energia eólica. 56
Figura 50: Leitura de tensão e corrente do aerogerador. 57
Figura 51: Leitura de tensão e corrente do aerogerador com uma carga..... 57
Figura 52: Primeira avaliação de tensão e corrente no aerogerador e na bateria. 57
Figura 53: Segunda avaliação de tensão e corrente no aerogerador e na bateria. 57
Figura 54: Circuito básico do controlador. 58
Figura 55: Configuração sugerida. 59

LISTA DE TABELA

Tabela 1: Energia acumulada por área da irradiância teórica em um dia. 25
Tabela 2: Energia por área da irradiância considerando perdas em um dia. 26
Tabela 3: Temperatura média e densidade do ar. 29
Tabela 4: Energia por área do vento teórica em um dia. 29
Tabela 5: Energia do vento considerando as perdas. 30
Tabela 6: Energia e potência máxima considerando as perdas. 32
Tabela 7: Características do painel solar KD140SX-UPU. 37
Tabela 8: Características técnicas do aerogerador S-600. 38
Tabela 9: Informação do NI USB-6008 e 6009. 47
Tabela 10: Consumo dos equipamentos. 53

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BEN – Balanço Energético Nacional

PV – Photo Voltaic (Painel Fotovoltaico)

BIG – Balanço de Informações de Geração

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica

PROCEL – Programa Nacional de Eficiência Energética

NASA – National Aeronautics and Space Administration (Administração Nacional da Aeronáutica e do Espaço)

NI – National Instruments

UAC – Unidade Acadêmica

FGA – Faculdade do Gama

MATLAB – Matrix Laboratory (Laboratório Matriz)

CC – Corrente contínua

CA – Corrente alternada

AI – Analog Input (Entrada Analógica)

GND – Ground (terra)

PWM – Pulse Width Modulation

LISTA DE SÍMBOLOS

P_n – Potência Nominal

V_{ca} – Tensão de circuito aberto

I_{cc} – Corrente de curto-circuito

I_n – Corrente na carga

V_{co} – Coeficiente de tensão pela temperatura

I_{sc} – Coeficiente de corrente pela temperatura

V_n – Coeficiente de tensão pela temperatura

P_v – Potência disponível do vento

A – Área varrida pela pá do aerogerador

V_v – Velocidade do vento

ρ – Densidade do ar

FF – Fator de forma

η – Eficiência

P_L – Potência da radiação solar incidente sobre o painel

P_R – Potência elétrica real

V_{CC} – Tensão de curto-circuito

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS **16**
RESUMO **17**
ABSTRACT **18**
LISTA DE ILUSTRAÇÕES **19**
LISTA DE TABELA **21**
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS **22**
LISTA DE SÍMBOLOS **23**
SUMÁRIO **24**
1. INTRODUÇÃO **14**
1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO 14
1.2. OBJETIVO 16
1.2.1. Objetivo específico TCC 1 16
1.2.2. Objetivo específico do TCC 2 16
1.3. METODOLOGIA 17
1.4. ESTRUTURA DO TRABALHO 17
2. POTENCIAL DE GERAÇÃO **18**
2.1. HISTÓRICO 18
1.1.1. Energia Solar 18
1.1.2. Energia Eólica 20
2.2. DADOS METEOROLÓGICOS 22
2.3. IRRADIÂNCIA SOLAR NO CAMPUS GAMA 23
2.4. VENTO DO CAMPUS GAMA 27
2.5. POTÊNCIA HÍBRIDA 30
3. SISTEMA HÍBRIDO **33**
3.1. DEFINIÇÃO 33
3.2. TIPO DE SISTEMAS HÍBRIDOS 33
3.3. CAPACIDADE DE GERAÇÃO 34
3.4. SISTEMA CC/CA 35
3.5. SISTEMA DE GERAÇÃO 35
3.6. CONFIGURAÇÕES 40
4. BANCADA COM INSTRUMENTAÇÃO **44**
4.1. CONFIGURAÇÃO DOS CIRCUITOS 44
4.1.1. Transdutor de corrente 44
4.1.2. Transdutor de tensão 45
4.2. INSTRUMENTOS 46
4.3. FORMAS DE MEDIÇÕES 47
4.4. ESTRUTURAÇÃO DA BANCADA 49
4.5. SOFTWARE 51
4.5.1. Funções básicas 51
4.6. EQUIPAMENTOS DE CONSUMO 52

4.6.1. Iluminação 52
4.6.2. Notebook 53
4.6.3. Monitor 53
4.6.4. Comunicação 53
5. MEDIÇÕES E RESULTADOS 54
5.1. MEDIÇÕES SOLAR 54
5.2. MEDIÇÃO EÓLICA 56
5.3. RESULTADOS OBTIDOS 58
6. CONCLUSÃO 60
7. BIBLIOGRAFIA 61
APÊNDICE 63
ANEXOS 68

1. INTRODUÇÃO

1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO

O crescimento do consumo de energia elétrica, a estagnação da produção nas usinas hidrelétricas sendo compensadas com o aumento do consumo de fontes de energia fósseis são fatores que impulsionam o crescimento de outras formas de energia.

De acordo com os dados da análise energética do Balanço Energético Nacional (EPE, 2014), o crescimento do consumo de energia, referente ao ano de 2013, foi de 6,2% nas residências e de 0,2% nas indústrias. Tal crescimento proporcionou a outras fontes energéticas um maior espaço, já que a geração pelas fontes hidráulicas obteve uma redução de 5,4%.

A matriz energética brasileira é predominantemente renovável com destaque para a geração hídrica, mesmo com a recente redução na produção, correspondendo por 64,9% de um total de 79,3% das fontes renováveis. A energia eólica que compõe parte dessa matriz renovável obteve um crescimento na produção de eletricidade alcançando o valor de 6.579 kW em 2013, um aumento de 30,3% em relação a 2012. Uma expansão de 16,5% que tende a aumentar assim como a energia proveniente dos painéis solares. (ANEEL, 2014)

A produção de energia elétrica proveniente de painéis fotovoltaicos (PV) ainda é pequena quando comparado a outras fontes da matriz energética brasileira e ao seu crescimento em outros países. Mas a extensão do país combinada com sua localização geográfica, favorecida com abundância de irradiação solar, possibilita seu futuro crescimento. Um pequeno crescimento já está previsto com empreendimentos a serem criados no nordeste (ANEEL, 2014). Além de utilizações em pequenas escalas como residências, condomínios, fazendas e até mesmo em rodovias.

Diante deste cenário de crescimento das fontes solar e eólica, reconhecidas como fontes renováveis, limpas e com mínimo impacto ambiental é que se considera de grande importância o conhecimento dessas alternativas de geração energética, solar e eólica, pelos estudantes de engenharia. (GARCÍA, 2004) Este trabalho de conclusão está voltado para sistemas híbridos autônomos de microgeração para o aproveitamento de energia solar e eólica.

Este tipo de sistema está instalado em grande número em países em desenvolvimento, porém, são os países desenvolvidos da Europa, mais os Estados Unidos que encabeçam as pesquisas sobre tais sistemas. Mesmo assim, não existe um conhecimento aprofundado, e menos ainda generalizado, sobre o comportamento das múltiplas configurações possíveis. Por outro lado, a maioria das aplicações documentadas corresponde a sistemas de médio e grande porte, sendo que as maiores necessidades continuam presentes nas pequenas comunidades e

residências isoladas dos países em desenvolvimento, onde o consumo energético é menor. (GARCÍA, 2004)

No trabalho de conclusão de curso I, iniciou-se a pesquisa com uma revisão de literatura técnica sobre o assunto e com a análise dos dados meteorológicos de forma a se obter o potencial de geração dos equipamentos já instalados no *campus* Gama.

Para conhecimento inicial das fontes energéticas e da matriz energética brasileira utilizou-se de dados disponibilizado no (ANEEL, 2014) e (EPE, 2014). Foram utilizados para o conhecimento das atuais condições de geração de cada fonte no cenário brasileiro. Tanto no que diz respeito à geração quanto nos sistema em processo de instalação. Já o (Global Wind Energy Council, 2014) trata da energia eólica especificamente apresentando os números de crescimento no cenário mundial.

No que diz respeito à evolução histórica do sistema solar, a principal fonte foi o estudo do (WAGNER, 1991). Já na evolução do sistema eólico foram utilizados duas fontes principais, (MARTINS, GUARNIERI, & PEREIRA, 2008) e (PINHO, 2008).

No conhecimento do potência de geração e os estudos dos dados meteorológicos foram utilizados os atlas de energia solar (PEREIRA, MARTINS, & ABREU, 2006) e o de vento para energia eólica (AMARANTE, BROWER, ZACK, & SÁ, 2001) a fim de se conferir os dados e se ter conhecimento do potencial brasileiro.

(ÇENGEL, 2012) e (GILAT, 2006) foram ferramentas utilizadas para os cálculos. A primeira para encontrar os valores de densidades do ar a partir dos dados de temperatura de cada mês. Quanto ao segundo, utilizou-se ferramentas para a programação matemática no *software* MATLAB e a geração dos gráficos relevantes ao estudo.

Neste trabalho de conclusão de curso II, foram utilizados os dados encontrados no trabalho anterior como base para continuação do estudo da geração de energia elétrica e a produção da bancada didática.

Para estudo de sistemas híbridos foram utilizados inicialmente trabalhos que se referiam a parques com grande geração energia e que estavam conectados à rede elétrica. Nos estudos para os sistemas fotovoltaicos o trabalho (CÂMARA, 2011) trata do sistema fotovoltaico conectado à rede elétrica apresentando os elementos utilizados, algumas caraterísticas das configurações e perspectivas no mercado de aproveitamento solar.

Já no estudo dos sistemas eólicos, o livro (FADIGAS, 2012) trata de forma breve as características do sistema eólico demonstrando as classificações existentes e os cálculos utilizados, que junto aos estudos de (FERNANDES, 2005) e (MARTINS, GUARNIERI, & PEREIRA, 2008), foram avaliados os valores do comportamento do vento. Quanto aos

cálculos de eficiência, utilizou-se o valor encontrado nos trabalhos do (PARIZOTTO, 2014) e (MAZETTO & TAMASHIRO, 2010) que trata de sistema de como menor porte para a geração eólica.

A junção dos dois sistemas é encontrada no trabalho (BARBOSA, 2006) que se mostram as características e os números dos sistemas híbridos de grande porte em funcionamento. Apresenta as classificações utilizadas para tais arranjos, as tecnologias dos equipamentos utilizados, os recursos regionais e as configurações em funcionamento. Tudo voltado para os sistemas híbridos conectados à rede elétrica.

Os conhecimentos de sistemas isolados puderam ser estudados no trabalho do (COUTO, 2000) apresentou os aspectos do sistema fotovoltaico autônomo apresentando características para o funcionamento dos equipamentos e sua instalação dentro do sistema aqui estudado.

Mas os principais trabalhos encontrados que auxiliaram na parte de desenvolvimento prático teve embasamento inicial no trabalho do (PINHO, 2008) em que é apresentado o projeto de instalação de sistema híbrido em comunidades isoladas na Amazônia. O segundo trabalho e de fundamental importância é o realizado pelo (RODRIGUES, 2014) cujo objetivo de confecção de uma bancada didática foi iniciado e é aperfeiçoado no presente trabalho.

1.2. OBJETIVO

Este trabalho tem por objetivo projetar uma bancada didática de um sistema eólico-fotovoltaico de microgeração composto por dois painéis solares e um aerogerador a fim de alimenta uma carga predefinida que funcione de forma independente da rede elétrica.

1.2.1. Objetivo específico TCC 1

A primeira parte do Trabalho de Conclusão de Curso teve como objetivo aprofundar o conhecimento teórico e prático das fontes de energia solar e eólica assim como analisar os dados meteorológicos obtidos no *campus* da UnB do Gama, Faculdade do Gama, a fim de calcular seu potencial de geração de energia.

1.2.2. Objetivo específico do TCC 2

A segunda parte do Trabalho de Conclusão de Curso visa aproveitar o potencial apresentado no TCC 1 aplicando-o no laboratório de eletricidade de forma a construir uma bancada didática.

A bancada tem por objetivo fornecer energia elétrica a equipamentos de corrente contínua e fornecer dados de corrente e tensão para o estudo de geração de energia do sistema híbrido eólico-fotovoltaico.

1.3. METODOLOGIA

O trabalho apresenta os resultados de dados obtidos na primeira parte do trabalho e em seguida, no trabalho final, a utilização de energias renováveis com instrumentos de análise para fins didáticos. Para a realização dos objetivos realizou-se uma pesquisa bibliográfica do histórico e da evolução, dos princípios de conversão, dos tipos e classificações. Assim como ferramentas complementares como *softwares*, circuitos, sistemas já implantados que utilizam as mesmas fontes de energia em estudo e sistemas de corrente contínua.

Na finalização do trabalho, foram necessários conhecimentos práticos em que foi realizada pesquisa experimental comparando e selecionando os sistemas encontrados como o instalado. Foram estudos os manuais e as formas de conexões possíveis, a fim de se obter uma configuração integrada e que melhor se adequasse ao uso do laboratório, às disposições já existentes e ao objetivo didático.

1.4. ESTRUTURA DO TRABALHO

A presente monografia divide-se em seis capítulos. No capítulo 1 é apresentado o contexto em que o trabalho está inserido, contendo breve revisão bibliográfica, os objetivos geral e específico. No capítulo 2 é apresentado um breve histórico das fontes energéticas utilizadas, em seguida os principais resultados dos dados obtidos na primeira etapa de análise do trabalho, são apresentados também as equações para os cálculos da potência disponível de cada fonte e da junção das duas em um único sistema na Faculdade do Gama (FGA). No capítulo 3 são apresentadas as definições de sistema híbrido, assim com suas classificações, os equipamentos geradores e a especificação do sistema utilizado para as análises iniciais e os tipos de configurações possíveis para o sistema. No capítulo 4 é apresentada a estrutura da bancada desde a elaboração dos circuitos utilizados, passando pelas placas de aquisição de dados, o *software* utilizado, o resultado do conjunto montado e sugestões de equipamentos que podem compor a carga a ser alimentada pelo sistema híbrido. No capítulo 5 são apresentadas as medições realizadas no sistema instalado e os resultados obtidos a partir deles. No capítulo 6 é apresentada a conclusão final do trabalho abrangendo as duas etapas de realização do trabalho de conclusão de curso.

2. POTENCIAL DE GERAÇÃO

2.1. HISTÓRICO

As fontes energéticas utilizadas neste trabalho já possuem uma história de descobertas tecnológicas que se intensificaram nos últimos anos abrindo mais espaço e se tornando mais competitivas. Para cada uma há os pontos históricos principais.

1.1.1. Energia Solar

O efeito fotovoltaico teve início com Edmond Becquerel, em 1839, utilizando placas metálicas mergulhadas em um eletrólito sujeitas à luz, o que resultou em uma diferença de potencial. Já em 1877, W. G. Adams e R. E. Day elaboraram o primeiro dispositivo de produção de eletricidade por exposição à luz fazendo uso do selênio como fotocondutor. (CÂMARA, 2011)

Porém, em 1953 quando Calvin Fuller elaborou um processo de difusão para injetar impurezas em cristais de silício de modo a controlar as suas propriedades elétricas ("dopagem"). Ele então construiu uma barra de silício com uma baixa concentração de gálio para que o mesmo se tornasse condutor, sendo conhecido como silício "tipo p" (por conter cargas móveis positivas). Enquanto isso, Gerald Pearson, mergulhou essa barra dopada em banho quente de lítio, criando na superfície da barra uma zona que continha elétrons livres em excesso, este lítio foi chamado de "tipo n" (por conter carga negativa). A junção entre as regiões do silício "tipo n" que fica em contato com o silício "tipo p" denomina-se "junção p-n", esta região contém um campo elétrico constante. Ao analisar os aspectos elétricos Person observou que em contato com a luz, era produzida uma corrente elétrica dando à invenção da primeira célula de silício da história. Quando Person comparou com a célula de selênio (eficiência máxima menor que 1%), observou eficiência próxima de 4% tornando-a mais vantajosa. (SILVA & SILVA, 2013)

Fuller então utilizou a difusão de fósforo para a dopagem tipo "n" obtendo uma junção "p-n" mais eficaz que a anterior. Ele também experimentou novas substâncias, como a troca do gálio por arsênio, entre outras. Com essas experiências surgiram células com eficiência de 6%. E em 25 de abril de 1954 teve a primeira publicação sendo apresentada em uma conferência de imprensa. (SILVA & SILVA, 2013)

Em 1955 colocou-se em prática o uso das células solares, este procedimento foi realizado em Americus, Geórgia, sendo usado para alimentar uma rede telefônica da região.

Foram montadas nove células de 30 mm de diâmetro cada. Observou-se que mesmo sendo um método promissor os custos eram muito alto. (CÂMARA, 2011)

A *National Aeronautics and Space Administration* – NASA lançou, em março de 1958, o satélite Vanguard I utilizando um pequeno painel solar como *back-up* de uma pilha convencional. A pilha química falhou dando lugar ao painel de 100 cm^2 produzindo 0,1W e mantendo o transmissor de 0,5 mW em funcionamento por oito anos. Depois desta demonstração de confiabilidade, durabilidade e baixo preço aos padrões dos projetos da NASA, os painéis solares passaram a fazer parte do programa espacial norte-americano. (CÂMARA, 2011)

O programa espacial soviético também adotou os painéis solares lançando, dois meses depois do Vanguard I, o satélite *Sputnik*-3. Deste modo, hoje os veículos e estações espaciais são munidos de células fotovoltaicas. (CÂMARA, 2011)

Com todo o investimento vindo das empresas espaciais aumentou a tecnologia desta fonte de energia nas décadas seguintes. Como por exemplo, a substituição do *contactor* frontal único por uma rede de *contactores* cada vez mais fino, o que fez com que diminuísse a resistência e aumentasse a eficiência. (SILVA & SILVA, 2013)

Somente na década de setenta começou a utilização das células em energia terrestre, usando a energia solar fotovoltaicos para os sistemas de telecomunicação em regiões remotas e para boias de navegação.

Em 1973 com o aumento do petróleo foi que começou a cogitar a utilização da energia solar, o que aumentou ainda mais os investimentos para baratear esta tecnologia. As décadas de oitenta e noventa foram o auge do incentivo para este desenvolvimento e alguns países financiavam estudos para conseguir a redução de custo e aumentar a eficiência, as universidades recebiam verbas dos governantes para financiar estudos na área. (CÂMARA, 2011)

Nas décadas de oitenta e noventa observou-se maior investimento em programas de financiamento aumentando a produção a fim de se obter menor custo. O resultado das iniciativas políticas, como a Lei das Tarifas Garantidas, na Alemanha, é um exemplo que levou ao crescimento exponencial do mercado de eletricidade. (CÂMARA, 2011)

Em 1998 atingiu-se a marca recorde de 24,7 % na eficiência com células de silício monocristalina e em 2005 o grupo *Fraunhofer Institut for Solar Energy Systems* fez um anúncio de 20 % de eficiência com células de silício multicristalina. E hoje já é possível a obtenção de células mais complexas como, por exemplo, as células em cascata (*in tandem*) que são fornadas com a sobreposição de muitas células semicondutoras, das quais, cada uma

tem a função de aperfeiçoar um determinado comprimento de onda da radiação, o que permite alcançar aproveitamento superior a 34 %. (SILVA & SILVA, 2013)

Os avanços no desenvolvimento de novos materiais para sistemas fotovoltaicos ocorreram de forma significativa no final dos anos 70 e início dos anos 80. O que possibilitou o crescimento da indústria solar fotovoltaica e uma melhoria na produção de energia podendo ser aproveitado nas janelas com vidros translúcidos e eficientes. Para o desenvolvimento de sistemas pequenos, que utilizam o caráter modular e as facilidades de instalação, são predominantes os materiais cristalinos, sendo que o silício é o mais utilizado. Os painéis compostos por este material podem ser encontrados nas formas monocristalina, multicristalina ou policristalina, que será utilizado na bancada, e amorfa. (PINHO, 2008)

As recentes tecnologias utilizam-se de elementos da tabela periódica das famílias, de forma combinada, 3A e 5A, 2A e 6A, que somado ao silício amorfo resultam nos chamados filmes fino. Hoje, os principais esforços estão voltados à apresentação de maneira visual bem como sua aplicação nas residências, escolas e prédios públicos minimizando os impactos visuais. (PINHO, 2008)

Em termos de eficiência, a tecnologia de silício cristalino é a que apresenta maior eficiência comercial podendo chegar a 15%. Quanto aos filmes finos, devido à sua recém entrada no comercio, possui um rendimento de apenas 8%.

No presente trabalho, o painel fotovoltaico utilizado para a produção da bancada didática serão dois módulos policristalinos.

1.1.2. Energia Eólica

A energia dos ventos é utilizada a mais de 3000 anos. As primeiras aplicações dessa fonte foram utilizadas pelos moinhos de vento para a moagem de grãos e bombeamento de água em atividades agrícolas. O desenvolvimento da navegação e as grandes descobertas continentais foram, em grande parte, devido à utilização dos ventos como força motriz. (MARTINS, GUARNIERI, & PEREIRA, 2008)

O aproveitamento do vento como fonte alternativa de energia para a produção de eletricidade vem sendo estudada e desenvolvida a cerca de 150 anos. Sendo que no atual cenário energético vem se tornando uma fonte de energia renovável promissora, se considerarmos os aspetos de segurança energética, custo sócio ambiental e viabilidade econômica. (MARTINS, GUARNIERI, & PEREIRA, 2008)

Foi em 1980, na Dinamarca, que se teve o desenvolvimento das primeiras turbinas em pequenas companhias de equipamentos agrícolas. Outro fator que influenciou foi o fato das

políticas internas favorecer o crescimento do setor eólico na Dinamarca fazendo parte de grande parte da matriz energética do país e contribuindo para ser o maior fabricante mundial de turbinas eólicas. (MARTINS, GUARNIERI, & PEREIRA, 2008)

O crescimento dessa fonte de energia vem se destacando e ganhado grandes espaços. Segundo o *Global Wind Energy Council* no final de 2013 havia 241100 turbinas instaladas ao redor do mundo. Só em 2014 foram acrescidos mais 51 GW de potência instalada, totalizando 369,6 GW ao final do ano. A porcentagem de energia elétrica global fornecia pela energia eólica é de 3%, podendo chegar a 19% em 2030. No Brasil, o número de *megawatts* instalado mais que duplicou de 2013 para 2014, quando foram instalados 2,472 GW chegando a um total e 5,9 GW se tornando líder no mercado de energia eólica sul-americano. (Global Wind Energy Council, 2014)

O sucesso dos sistemas fotovoltaicos, dos sistemas híbridos eólico-diesel e fotovoltaico-diesel permitiu uma convergência para os sistemas híbridos eólico-fotovoltaico-diesel a partir dos anos 90. Lamentavelmente não foi localizado um cadastro em nenhum país sobre o número de sistemas em funcionamento, e menos ainda um registro de acompanhamento do funcionamento das instalações. (GARCÍA, 2004)

As aplicações mais comuns de sistemas eólicos para a geração de energia eólica são os sistemas isolados e interligados à rede, sendo a fonte eólica a única a compor o sistema de geração, ou em configurações híbridas. Os sistemas isolados são aplicados para suprir necessidades básicas em locais remotos não atendidos pela rede elétrica; para o bombeamento de água e carregamento de bateria. Já o interligado à rede entrega de forma parcial ou total a energia gerada configurando uma forma de geração conhecida como geração distribuída. Os sistemas eólicos isolados são bem difundidos e recebem altos custos de investimento dos países desenvolvidos devido ao índice de exclusão elétrica ser bastante elevado. (PINHO, 2008)

Outra aplicação são os sistemas híbridos isolados ou conectados à rede, principalmente os isolados em eventuais períodos de escassez de ventos, outras fontes podem complementas a geração de energia elétrica. Em certa localidade, alguns estudos comprovam o caráter de complementariedade da fonte solar com a fonte eólica, casos em que o período do dia onde a velocidade de vento é baixa e coincida com o perde em que a radiação solar é mais intensa. Tal característica também é observada em algumas regiões do Brasil quando analisada as fontes hídrica e eólica, onde há coincidência entre os períodos de maior velocidade de vento com períodos de escassez de chuva. (PINHO, 2008)

2.2. DADOS METEOROLÓGICOS

Para uma primeira análise da geração de energia elétrica proveniente do sol e do vento foram obtidos dados de uma pequena estação meteorológica localizada no topo da caixa de água do prédio da Unidade Acadêmica (UAC) da FGA.

Quanto ao equipamento meteorológico de aquisição de dados utilizado, apresentado na Figura 1, é da marca *WeatherHawk* modelo 232, cuja descrição encontra-se no ANEXO I. Ele possui sensores que realizam as leituras de chuva, de temperatura do ar, humidade relativa, pressão barométrica, radiação solar, velocidade do vento e direção do vendo, bem como a medida da bateria, já que o equipamento é alimentado por um painel fotovoltaico. Os valores são armazenados de uma em uma hora obtendo-se o valor máximo e a média nesse período de tempo.

Figura 1: Estação Meteorológica.

Nos cálculos a serem realizados foram utilizados os programas *Microsoft Office Excel* e o *software* MATLAB. Os dados da estação meteorológica foram armazenados em planilhas do *Excel* que também possibilitaram a realização de cálculos simples. O *software* MATLAB foi utilizado como ferramenta complementar para a realização de cálculos mais elaborados e a criação dos gráficos.

2.3. IRRADIÂNCIA SOLAR NO CAMPUS GAMA

O Brasil possui um potencial de energia solar grande durante quase todo o ano por ser um país que possui sua maior parte localizada na região intertropical. Para encontrar o quanto o *campus* do Gama é favorecido com tal potencial, serão analisados os dados obtidos pelo sensor da estação meteorológica.

O sensor utilizado na estação é um piranômetro que armazena os valores médios de uma em uma hora, como explicado anteriormente. Os dados coletados são obtidos na forma de irradiância (W/m^2), ou seja, é a medida de potência por unidade de área. Este sensor mede a radiação solar recebida por uma superfície plana de um campo de visão de 180° de ângulo, chamada de radiação solar hemisférica. (PINHO, 2008)

Para a análise dos dados de irradiância solar, obtidos na estação meteorológica, foram observados os meses, referentes ao primeiro semestre de 2013, individualmente.

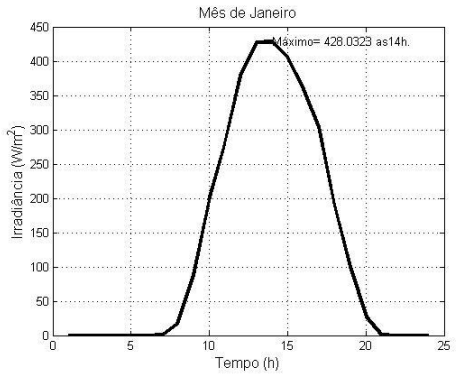


Figura 2: Irradiância em um dia de Janeiro.
Fonte: Elaborado pela autora.

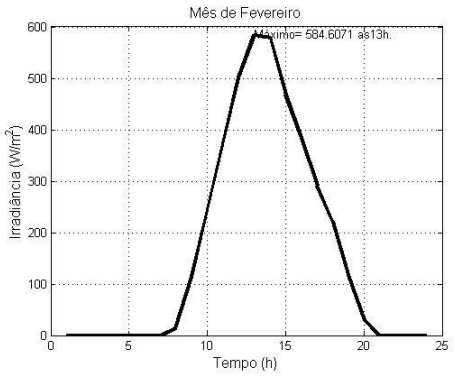


Figura 3: Irradiância em um dia de Fevereiro.
Fonte: Elaborado pela autora.

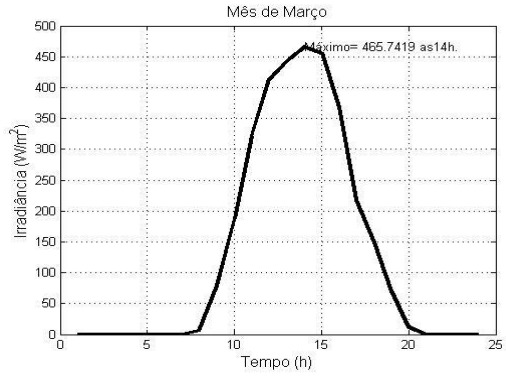


Figura 4: Irradiância em um dia de Março.
Fonte: Elaborado pela autora.

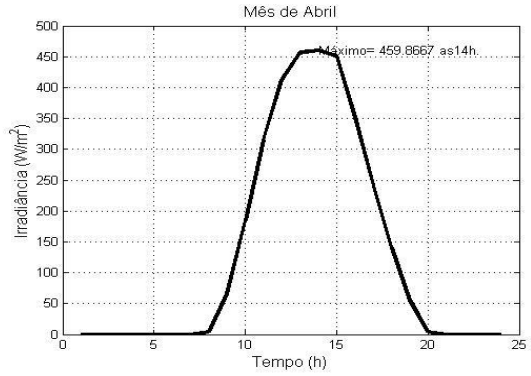


Figura 5: Irradiância em um dia de Abril.
Fonte: Elaborado pela autora.

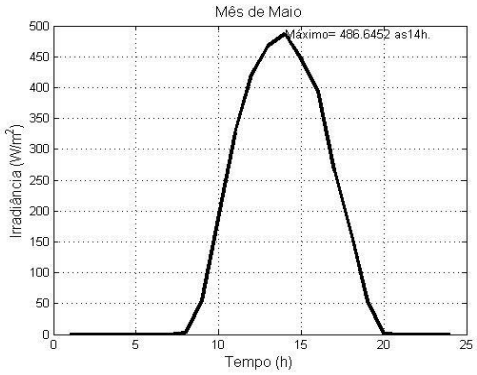


Figura 6: Irradiância em um dia de Maio.
Fonte: Elaborado pela autora.

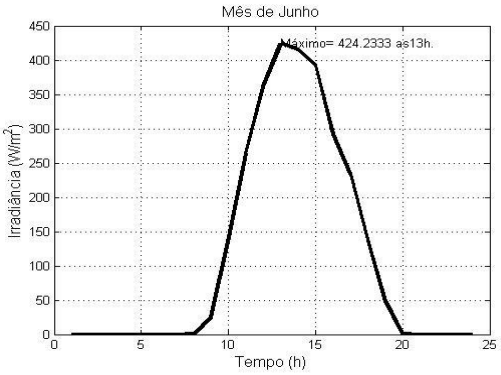


Figura 7: Irradiância em um dia de Junho.
Fonte: Elaborado pela autora.

Os gráficos apresentados da Figura 2, referentes ao mês janeiro de 2013, e a Figura 7, referente ao mês de junho de 2013, apresentam a irradiância média no período de um dia de cada mês e indicam. O valor máximo e o horário de ocorrência é indicado em cada mês. O momento de máxima indica que os horários de maior irradiânica, em que se pode produzir mais energia solar, são de uso comercial em que os prédios e o laboratório onde se encontra a bancada didática estão em funcionamento e podem usufruir desta energia.

Tendo conhecimento do comportamento da irradiância, foram feitos cálculos para obter a potência gerada em cada dia e os valores médios de cada mês a fim de observar a irradiância no período de um dia. A partir dados de coletados, foram realizados os cálculos para se obter a energia media em um dia aleatório.

Das características do painel fotovoltaico e dos dados obtidos da estação meteorológica pode-se realizar o cálculo da potência, desprezando perdas do sistema, a partir da Eq. (1).

$$Irradiância = \frac{Potência}{Área} \tag{1}$$

Para calcular a potência em cada hora de um dia, a partir dos dados coletados, utiliza-se a Eq. (2) para os valores de irradiância e da área do painel solar resulta-se na potência para um dia. Com os dados da largura e do comprimento do painel encontrados no ANEXO II, pode-se obter a área e calcular a energia que pode ser gerada pelo painel.

$$Potência = Irradiância \times Área \tag{2}$$

Para o calculo da energia é realizada a integração dos valores de irradiância em função do tempo no período de um dia. A Tabela 1 apresenta os resultados encontrados da energia por unidade de área em um dia.

$$Energia = \int Potência \cdot dh \tag{3}$$

Tabela 1: Energia acumulada por área da irradiância teórica em um dia.

Mês	Energia (kWh/m^2)
Janeiro	3,202
Fevereiro	3,922
Março	3,188
Abril	3,142
Maio	3,279
Junho	2,737

Os cálculos resultantes da Eq. (3), apresentados na Tabela 1, são os valores de energia que não levam em conta as possíveis perdas dos sistemas sendo necessária a aplicação de um fator que as leve em consideração. Para isso foram realizados os cálculos utilizados na Eq. (4) à Eq. (7) e então validado com os valores de eficiência encontrados na pesquisa bibliográfica. Portanto, o valor da eficiência utilizado prevê um funcionamento mínimo, ou seja, o que se pode obter na pior possibilidade.

Para o cálculo de máxima potência nominal solar utiliza-se o produto de tensão e correntes nominal do sistema.

$$P_n = V_n \cdot I_n \tag{4}$$

Com os dados fornecidos pela placa de tensão, 17,7 V, e de corrente, 7,91 A, obtém-se uma potência máxima fornecida à carga de 140 W, como apresentado nas características. Para definir o fator de formar, FF, foi utilizada esta potência máxima e a potência de curto circuito da placa apresentada pela Eq. (5).

$$FF = \frac{I_n \cdot V_n}{I_{cc} \cdot V_{ca}} \tag{5}$$

Este fator é sempre menor que a unidade e para placas de silício como a utilizada aqui, os seus valores usuais estão entre 0,7 e 0,8. Rescrevendo a Eq. (4) e utilizando a Eq. (5) tem-se:

$$P_{pm} = FF \cdot V_{ca} \cdot I_{cc} \tag{6}$$

Da Equação (6) pode-se calcular o fator de forma que resulta em 0,7298.

A eficiência de conversão energética da célula solar é definida pela relação da máxima potência elétrica entregue à carga e a potência da radiação solar incidente sobre a célula (P_L).

$$\eta = \frac{I_{pm} \cdot V_{pm}}{P_L} = \frac{FF \cdot I_{cc} \cdot V_{ca}}{P_L} \tag{7}$$

Para conhecer o real potencial de geração que o painel fotovoltaico pode fornecer ao sistema utilizou-se uma eficiência teórico desse tipo de placa fotovoltaica. Os valores de eficiência podem variar de 12% a 15% em linhas industriais. (FERNANDES, 2005). Sendo assim, considerando a eficiência mínima, será utilizado o valor de 12%. O valor da potência elétrica real (P_R) pode ser obtido pela Eq. (8) (WAGNER, 1991) e os valores encontrados são apresentados na Tabela 2.

$$P_R = \eta \cdot P_L \tag{8}$$

Para encontrar a energia gerada e considerando as perdas apresentadas utilizou-se a Eq. (3) utilizando os valores da potência já com a eficiência do sistema inserida.

Tabela 2: Energia por área da irradiância considerando perdas em um dia.

Mês	Energia (Wh/m^2)
Janeiro	384,35
Fevereiro	470,70
Março	382,64
Abril	377,12
Maio	393,54
Junho	382,54

Os valores apresentados na Tab. 2 são os valores de energia por unidade de área a partir dos dados meteorológicos coletados no período de um dia de cada mês estudado.

2.4. VENTO DO CAMPUS GAMA

Assim como na energia solar, é importante conhecer o potencial dos ventos para dimensionar futuros sistemas. Porém, no caso dos ventos deve-se ter conhecimento tanto da intensidade como da direção. Para conhecer o potencial existente no *campus* Gama foram utilizados dois sensores, o seta e o anemômetro de caneca.

O sensor que indica a direção dos ventos, o do tipo seta, apresentará variação de 0° a 360° mecânicos armazenados de uma em uma hora. O sensor de intensidade de velocidade, o do tipo anemômetro de caneca, fornecerá os dados em milhas por hora que além de armazenar os dados de uma em uma hora, uma velocidade média neste período, registrar também a velocidade máxima e em que momento isto ocorre. Este tipo de anemômetro é um dos mais utilizados devido sua exatidão, confiabilidade e custos, além de ter como característica de funcionamento a coleta de dados provenientes de todas as direções e apresentar maior precisão quando exposto a condições de turbulência e ventos não horizontais originados por obstáculos. (PINHO, 2008)

Para melhor visualização dos valores obtidos de intensidade do vento foram produzidos gráficos que mostram a intensidade média durante o período de um dia dos meses analisados.

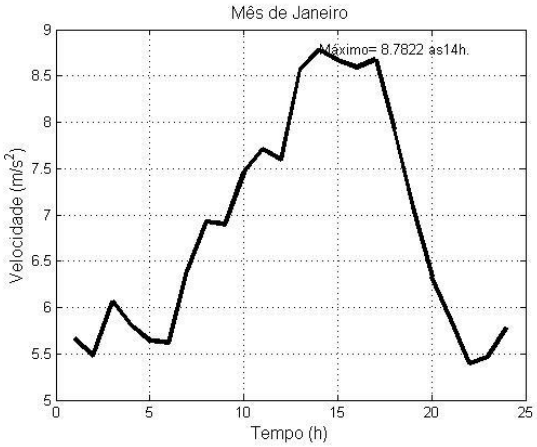


Figura 8: Velocidade do vento em Janeiro.
Fonte: Elaborado pela autora.

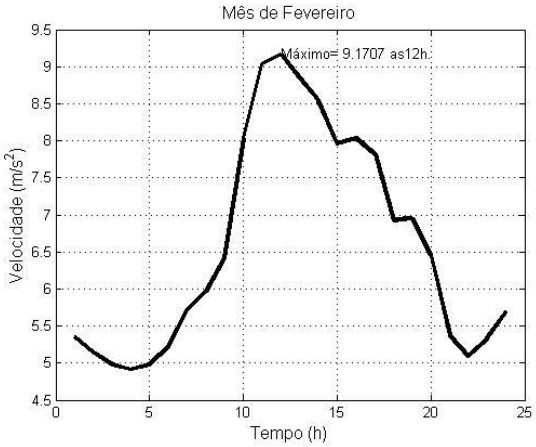


Figura 9: Velocidade do vento em Fevereiro.
Fonte: Elaborado pela autora.

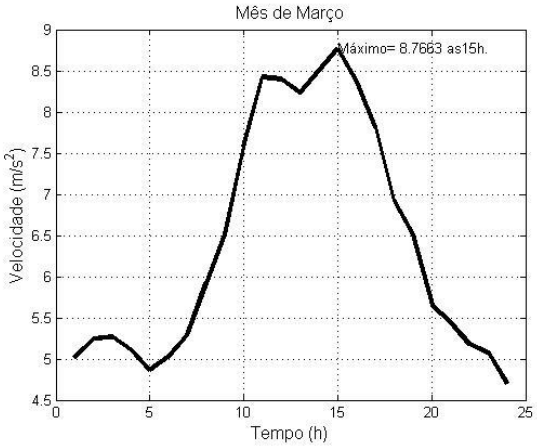


Figura 10: Velocidade do vento em Março.
Fonte: Elaborado pela autora.

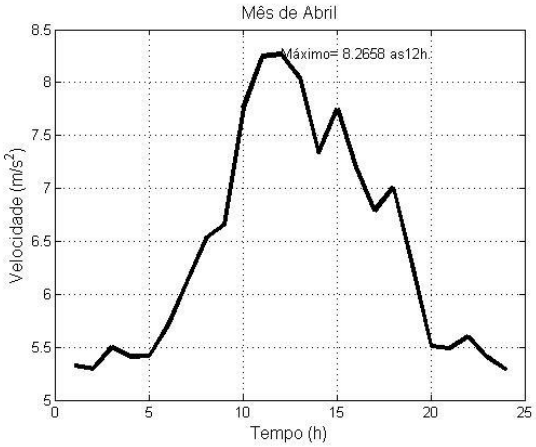


Figura 11: Velocidade do vento em Abril.
Fonte: Elaborado pela autora.

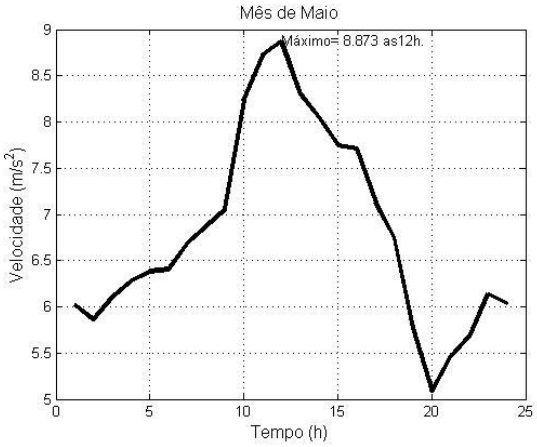


Figura 12: Velocidade do vento em Maio.
Fonte: Elaborado pela autora.

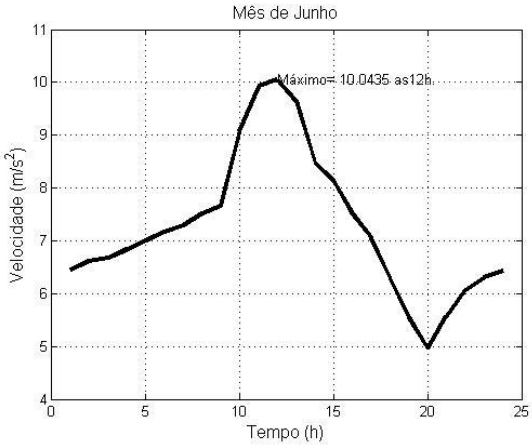


Figura 13: Velocidade do vento em Junho.
Fonte: Elaborado pela autora.

Nos gráficos apresentados da Fig. 8 à Fig. 13 é apresentado o comportamento do vento de cada mês no decorrer de um dia. Diferente dos dados solares, o vento não apresenta a mesma regularidade observando maior variação nos horários de maior ocorrência. O principal a ser observado é que não há momentos em que a velocidade do vento é zero. Sua velocidade pode diminuir, mas não chega a zero no intervalo de uma hora.

Quanto aos cálculos necessários para a análise do potencial eólico, foram utilizadas as características do aerogerador e os dados obtidos do vento, fazendo uso da Eq. (9) em que P_v indica a potência disponível em uma área A que se movimenta a uma velocidade de V_v e, inicialmente, desconsiderando as perdas os valores de potência eólica referente a cada mês de análise. (FADIGAS, 2012)

$$P_v = \frac{1}{2}\rho A V_v^3 \tag{9}$$

O valor da densidade do ar, ρ, que se considera em condições padrões é de 1.225 kg/m^3. Porém, com os dados de temperatura do ar obtidos no sensor será utilizada a densidade mais adequada em cada mês. A Tabela 3 apresenta a temperatura média de cada mês na primeira coluna enquanto que os dados de densidade do ar são apresentados na segunda coluna, que foram obtidos a partir da interpolação de dados tabelados. (ÇENGEL, 2012)

Tabela 3: Temperatura média e densidade do ar.

Mês	Temperatura do ar (°C)	Densidade do ar (kg/m^3)
Janeiro	20,83	1,2007
Fevereiro	22,30	1,1948
Março	21,70	1,1972
Abril	20,30	1,2028
Maio	20,42	1,2023
Junho	19,80	1,2048

O cálculo da energia para o período de um dia referente a cada mês é apresentado Tabela 4, e nela não são consideradas as perdas de conversão de energia eólica para elétrica e o valor da área varrida pelo aerogerador também não é inseridos.

Tabela 4: Energia por área do vento teórica em um dia.

Mês	Energia (kWh/m^2)
Janeiro	121,452
Fevereiro	112,764
Março	104,647
Abril	98,692
Maio	117,139
Junho	146,785

No calculo da potência real do aerogerador é constatado que o valor real pode ser obtido utilizando a Eq. (8) apenas mudando a potência da radiação pela potência do vento e com eficiência específica para o aerogerador que de acordo com as referências pode ser de 30% (PARIZOTTO, 2014) a 40% (MAZETTO & TAMASHIRO, 2010). A eficiência a ser

utilizada no calculo da energia eólico real será a média destas duas, 35%, e o resultado dela é apresentado na Tabela 5 com o valor de energia por unidade de área.

Observa-se que os dados analisados foram coletados no prédio próximo de onde se encontra o aerogerador em que a diferença de altura, aproximadamente 10 metros de diferença, e relevo podem interferir na energia encontrada na bancada.

Tabela 5: Energia do vento considerando as perdas.

Mês	Energia (kWh/m^2)
Janeiro	42,50
Fevereiro	39,46
Março	36,62
Abril	34,54
Maio	41,00
Junho	51,37

2.5. POTÊNCIA HÍBRIDA

Nos gráficos apresentados anteriormente observou-se o comportamento isolado, no decorre de um dia, da irradiância e da velocidade. São valores da média em cada intervalo de hora de todos os dias do mês em análise. Ao superpor os dois instrumentos de análise, obteve-se os seguintes gráficos que pode identificar a complementariedade ou dos dois.

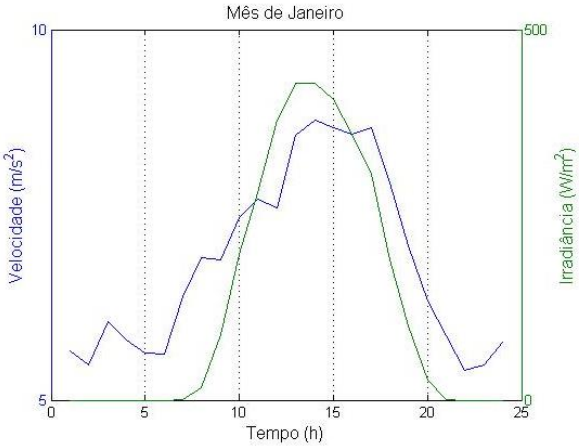


Figura 14: Vento e irradiância em Janeiro.

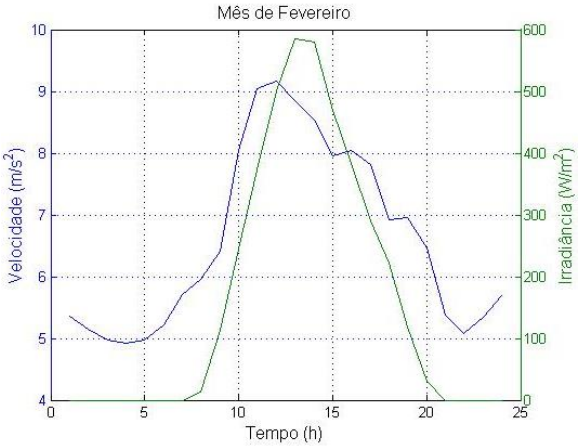


Figura 15: Vento e irradiância em Fevereiro.

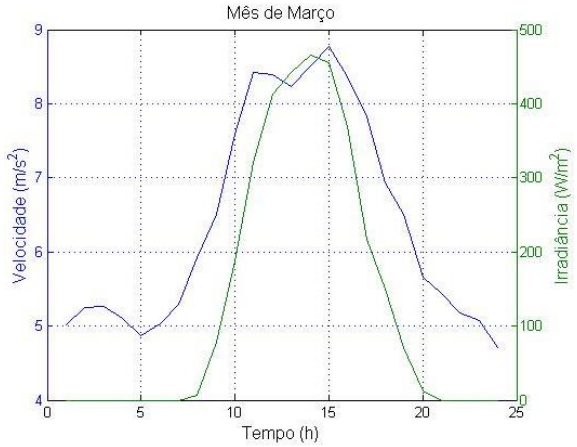


Figura 16: Vento e irradiância em Março.

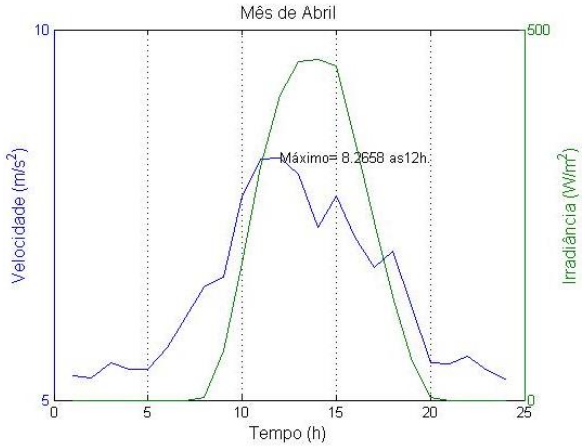


Figura 17: Vento e irradiância em Abril.

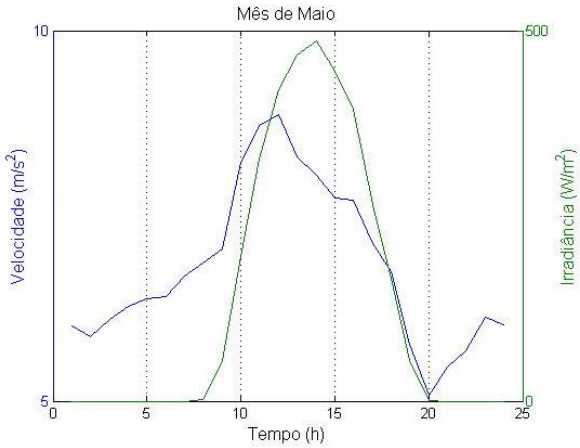


Figura 18: Vento e irradiância em Maio.

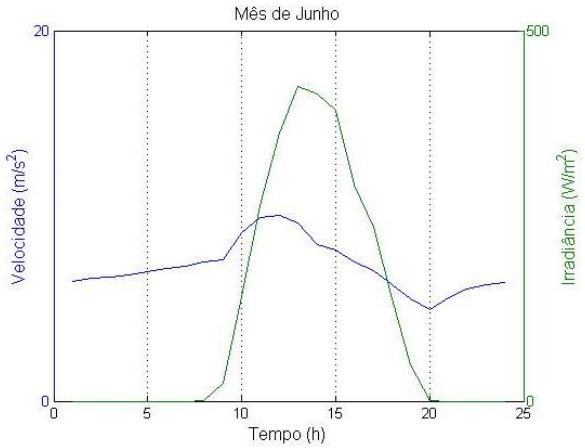


Figura 19: Vento e irradiância em Junho.

Na irradiância há momentos em que seu valor é nulo, durante a noite e a madrugada, e os horários de pico são próximos do esperado, após as doze horas. Observa-se também que o comportamento não sofre grandes alterações tendo picos regulares nos meses.

Quanto ao comportamento do vento, seu valor nunca é nulo no intervalo de uma hora como afirmado em análise anterior. Portanto, por menor que seja seu valor, há geração de energia. Seja complementando a energia solar e armazenando mais energia ou alimentando o sistema quando não há irradiação solar.

Para analisar a energia de um sistema híbrido, os gráficos apresentados da Figura 14 à Figura 19 apresentam a simultaneidade das fontes em que os picos ocorrem próximos um do outro. Os valore de energia eólica e solar geradas durante o dia foram somados e apresentados na Tabela 6. O resultado da energia, em *Watts* horas por unidade de área, apresenta uma media do que se pode espera

.

Tabela 6: Energia e potência máxima considerando as perdas.

Mês	Potência máx. solar (W/m^2)	Potência máx. eólica (W/m^2)	Energia Solar (Wh/m^2)	Energia Eólica (Wh/m^2)
Janeiro	799	1771,189	384,352	42508,53
Fevereiro	784	1644,484	470,704	39467,61
Março	731	1526,108	382,641	36626,6
Abril	675	1439,266	377,12	34542,39
Maio	576	1708,283	393,542	40998,79
Junho	532	2140,615	328,548	51374,77

Quando analisado em conjunto, potencial da irradiância e do vento, é uma geração pequena para os portes da instituição e todos os equipamentos que a compõem. Porém, como ferramenta de estudo e pequenas utilizações, a geração de energia é suficiente.

Outra característica observada nos dados e nos gráficos apresentados é que, se mantida essa constância na irradiação e no vento, o período de maior geração se encontra no horário de funcionamento e de aulas da FGA. Ou seja, durante os horários de aula, em que a bancada didática pode ser utilizada, sempre haverá uma das fontes de geração em funcionamento.

3. SISTEMA HÍBRIDO

3.1. DEFINIÇÃO

O sistema híbrido é definido como um sistema que utiliza duas ou mais fontes primárias de energia para gerar e distribuir energia elétrica de forma otimizada e com custos mínimos, dada a capacidade de uma fonte suprir a falta temporária de outra, permitindo assim que o mesmo opere com o mínimo de interrupções. (BARBOSA, 2006)

3.2. TIPO DE SISTEMAS HÍBRIDOS

Como mencionado, os sistemas híbridos visam aproveitar as fontes energéticas que se apresentam de forma permanente e que se complementam a fim de aprovar maior quantidade energia gerada de todas as fontes utilizadas. Destarte, são muitos os tipos de sistemas híbridos em uso, porém os que mais se destacam são; eólico-diesel, fotovoltaico-diesel, fotovoltaico-eólico-diesel e eólico-fotovoltaico. Cada um desses sistemas possui suas características, podendo combinar painéis solares, aerogeradores e geração diesel-elétrica que se adequam à cada situação de projeto. (BARBOSA, 2006)

O sistema eólico-fotovoltaico, o objeto de discussão e análise do trabalho, será configurado a fim de estudar os tipos de conexões possíveis e adequadas para a utilização da energia elétrica gerada. Enquanto que a análise dos dados será para fins didáticos.

As fontes solar e eólica são, normalmente, implementadas em formas modulares favorecendo o aumento ou diminuição da geração quando necessário. Isso significa que a quantidade de painéis fotovoltaicos, aerogeradores ou acumuladores de carga podem aumentar ou diminuir de acordo com a necessidade da demanda.

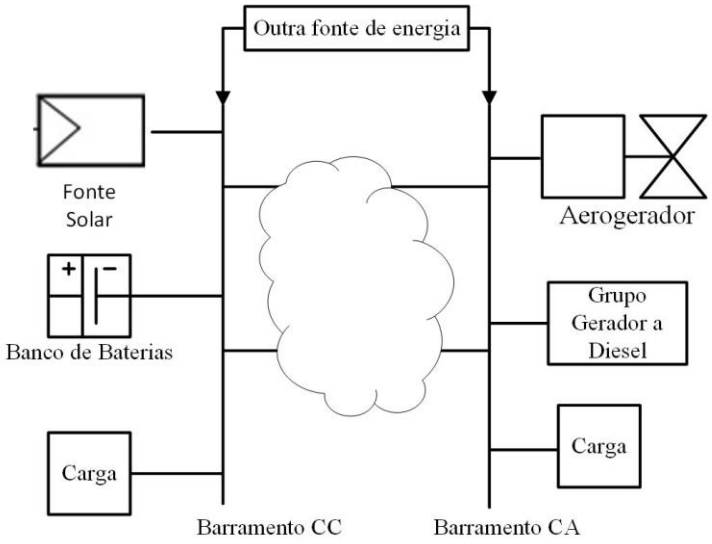


Figura 20: Configuração geral de sistema híbrido.
Fonte: Elaborado pela autora.

O sistema híbrido, além de ser classificado quanto à prioridade de utilização de fontes renováveis, também pode ser classificado quanto à interligação à rede; quanto à configuração e quanto ao porte. (BARBOSA, 2006)

3.3. CAPACIDADE DE GERAÇÃO

O sistema híbrido é projetado para atender uma determinada carga dada em Watts. A quantidade de energia gerada pelas fontes é que determina a capacidade do sistema. Tal classificação é estipulada pela Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL a partir da Regulação Normativa n° 482 de 17 de abril de 2012 que além de possibilitar a micro e mini geração em residência ou propriedade, às classifica da seguinte forma: (ANEEL, 2012)

- Microgeração – potência instalada de até 100 kW;
- Minigeração – potência instalada entre 100 kW a 1MW

Porém, ao serem classificadas, elas são definidas para sistemas “conectadas na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras”. (ANEEL, 2012)

A classificação para sistemas que não estejam necessariamente conectados à rede de distribuição são: (BARBOSA, 2006)

- Micro porte – capacidade < 1 kW;
- Pequeno porte – 1 kW ≤ capacidade <100 kW;
- Médio porte – 100 kW ≤ capacidade < 1.000 kW e
- Grande porte – capacidade > 1.000 kW.

3.4. SISTEMA CC/CA

A maioria dos sistemas híbridos, encontrados na literatura, tem como característica serem conectados à rede elétrica que trabalha com corrente alternada. Para isso, são necessários equipamentos que atuem na proteção, conversão (inversores), sincronismo do nível de tensão e frequência das fontes de geração. Em muitos casos, quando é obtida uma pequena geração de energia elétrica, o projeto se torna inviável devido aos preços dos equipamentos utilizados para se inserir na rede elétrica.

Quanto aos sistemas isolados, eles visam atender uma demanda sem estarem conectados à rede elétrica podendo operar em corrente alternada (CA) ou/e corrente contínua (CC). Para que haja fornecimento de energia em períodos de indisponibilidade de recursos ou para estabilizar a tensão do sistema, é necessária a utilização de sistema de armazenamento, tais como banco de baterias.

Como a proposta deste trabalho é desenvolver uma bancada cujo sistema é isolado, ou seja, que não está conectado à rede elétrica, o tipo de corrente utilizado será a CC como apresentado na Figura 21. Tendo em vista que os equipamentos a serem utilizados como carga podem funcionar com CC a preocupação é voltada à tensão que cada equipamento funciona, sabendo que o sistema de geração fornece CC a 12 V ou 24 V.

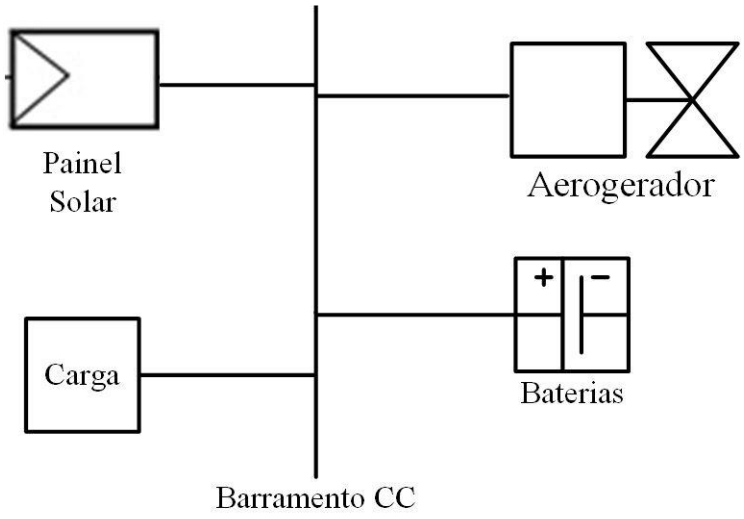


Figura 21: Sistema híbrido eólico-fotovoltaico.

3.5. SISTEMA DE GERAÇÃO

Os equipamentos de geração utilizados neste estudo, mostrados na Figura 22, para o sistema híbrido eólico-fotovoltaico são compostos por um aerogerador, mostrado na Figura 23 e dois painéis solares fotovoltaicos, apresentados na Figura 24. Esses equipamentos possuem

baixa potência, assim facilita a integração e o fornecimento de energia simultaneamente ou de forma independente.

Figura 22: Vista do sistema instalado.
Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 23: Aerogerador de pequeno porte.
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 24: Painéis solares.
Fonte: Elaborado pela autora.

O sistema de geração de energia implementado é responsável por transformar as energias solar e eólica em energia elétrica. Na conversão de energia solar para elétrica é utilizada a placa solar fotovoltaica da marca Kyocera Solar e modelo KD140SX-UPU cuja potência máxima é de 140 W e a tensão máxima de 17.7V cada (ANEXO II). Já na conversão de energia eólica faz uso de aerogerador da marca Greatwatt do modelo 600 que tem capacidade de potência máxima de 550 W para 12 V e de 750 W para 24 V (ANEXO III). Estes parâmetros serão utilizados para os cálculos de potencial energético de cada um e dimensionamento do sistema híbrido futuros que podem ser observados nas Tabelas 7 e Tabela 8.

Tabela 7: Características do painel solar KD140SX-UPU.

Placa solar KD 140SX – UPU	
Características Elétricas	
Potência Nominal (P_n)	140±5% W
Tensão circuito aberto (V_{ca})	22,1 V
Corrente curto-circuito (I_{cc})	8,68 V
Tensão na carga (V_n)	17,7 V
Corrente na carga (I_n)	7,91 A
Tensão máxima do sistema	600 V
Número máximo de painéis conectados em série	21
Características Térmicas	
Coeficiente de tensão (V_{oc}) pela temperatura	$-0{,}80 \cdot 10^{-1}$ V/°C
Coeficiente de corrente (I_{sc}) pela temperatura	$5{,}21 \cdot 10^{-3}$ A/°C
Coeficiente de tensão (V_{pm}) pela temperatura	$-9{,}22 \cdot 10^{-2}$ V/°C
Características Físicas	
Comprimento	1500 mm
Largura	668 mm
Profundidade	46 mm
Peso	12,5kg

Tabela 8: Características técnicas do aerogerador S-600.

Aerogerador S-600	
Configuração	3 pás
Diâmetro das pás	1,191 m
Peso do equipamento	6,3 kg
Potência Nominal (12 V / 24 V)	400 W / 600 W
Potência Máxima (12 V / 24 V)	550 W / 750 W
Velocidade de Arranque	2,5 m/s
Velocidade de início de carga	3 m/s
Velocidade Potência Nominal	15,5 m/s
Velocidade Máxima	25 m/s
Velocidade de Sobrevivência	60 m/s

O gerador eólico possui as duas opções podendo ser selecionada por meio de uma chave. Por sua vez, a placa fotovoltaica fornece uma tensão acima de 12 V. Porém, o sistema em estudo utiliza duas placas que quando ligadas em série as tensões são somadas e a corrente é mantida a mesma e quando ligadas em paralelo a tensão não é alterada e as correntes são somadas.

Um elemento importante na configuração do sistema é o controlador de carga. Este equipamento é a interface de ligação entre os painéis solares, a bateria e a carga. Ele é responsável por proteger o painel e a bateria caso ocorra sobrecarga e descargas excessivas.

Também conhecido como regulador de carga este equipamento pode ter configuração série ou paralelo. No chaveamento em série, o elemento de chave é colocado em série bateria e módulos, funcionando como um interruptor, conectando o módulo à bateria quando a tensão da mesma estiver abaixo de um valor pré-determinado e desconectando-as quando o valor é ultrapassado. No chaveamento em paralelo o elemento chaveado fica em paralelo com os módulos, curto-circuitando o mesmo quando a tensão da bateria ultrapassa o valor estipulado. (COUTO, 2000)

A regulação paralela tem como vantagem manter a bateria continuamente no seu estado de plena carga, sempre que existir energia gerada não consumida, isto é, energia em excesso. (WAGNER, 1991)

Quanto à forma de controle da carga há o método liga-desliga e o *PWM* (*pulse width modulation*). No primeiro método, o elemento chaveado pode ser um relé ou um dispositivo sólido. Nesse caso, a tensão da bateria é detectada, se esta estiver abaixo de um valor estipulado, o circuito comanda a chave, conectando a bateria, caso contrário os módulos são isolados da bateria. No segundo método, o *PWM*, o elemento chaveador é um dispositivo de estado sólido (MOS-FET), sendo um micro controlador que controla o tempo de operação ou conexão da chave. (COUTO, 2000)

Figura 25: Controlador de carga.
Fonte: Elaborado pela autora.

Na Figura 25 é apresentado o controlador de carga utilizado na bancada. A tensão é outro fator importante a ser definido. Tendo em vista que a maioria dos equipamentos apresentados para o sistema de alimentação funciona com tensão entre 12 V e 24 V, decidiu-se trabalhar com a tensão de 12 V, mesmo sabendo que, em termos práticos, os elementos necessários para se reduzir a tensão são mais acessíveis. (PINHO, 2008)

A decisão de trabalhar com 12 V deve-se a limitação do sistema da bancada sendo o controlador de carga o principal limitador. O controlador tem como característica a entrada de tensão do painel solar limitada em 12 V (ANEXO IV) o que impede a utilização dos painéis na configuração para 24 V.

Outro elemento importante presente em sistemas híbridos é a parte de armazenamento da energia gerada para uso em momentos de ocorrência de falta da fonte de geração de energia elétrica.

O armazenamento em sistemas de geração de energia é dimensionado de forma que a energia útil total do banco de baterias seja suficiente para atender à carga durante determinado período de tempo, do qual não haja disponibilidade de geração renovável, denominado período de tempo de autonomia do sistema. (PINHO, 2008)

No sistema apresentado neste trabalho, com o objetivo de se obter uma bancada didática e sem a necessidade de se ter o acumulo de energia útil total, utilizou-se uma bateria automotiva de 12 V e de 75 Ah da marca Heliar, apresentado na Figura 26. Essa bateria pode fornecer uma potência máxima de 900 kWh.

Figura 26: Bateria utilizada no sistema.
Fonte: Elaborado pela autora.

3.6. CONFIGURAÇÕES

Além das formas independentes de utilização das fontes solar e eólica, as configurações possíveis para o sistema são apresentadas nas figuras abaixo.

Quando classificados com relação à sua configuração, os sistemas híbridos podem ser configurados: em série, chaveado ou em paralelo. (BARBOSA, 2006)

A denominação série se deve a sequência iniciada nas fontes de energia carregarem o banco de bateria, suprindo as cargas CC que houver, passando pelo inversor e energizando as cargas CA.

A configuração por chaveamento é a mais utilizada. O banco de bateria é carregado por uma das fontes de energia sendo selecionada por chaves, ou seja, o barramento não é

alimentado pelas fontes ao mesmo tempo, há uma alternância de fornecimento de energia estipulado pelas chaves.

Já a configuração em paralelo ocorre quando as fontes podem suprir a demanda de CC e CA de forma independente e, em momentos de carga máxima, suprem em conjunto somando-se as energias provenientes das duas fontes.

Devido à característica didática do trabalho, a bancada pode ser configurada de acordo com o experimento e necessidades do usuário. Ou seja, a bancada pode assumir as três configurações por operações manuais. Lembrando-se que cargas de CA não serão utilizadas nesta pesquisa.

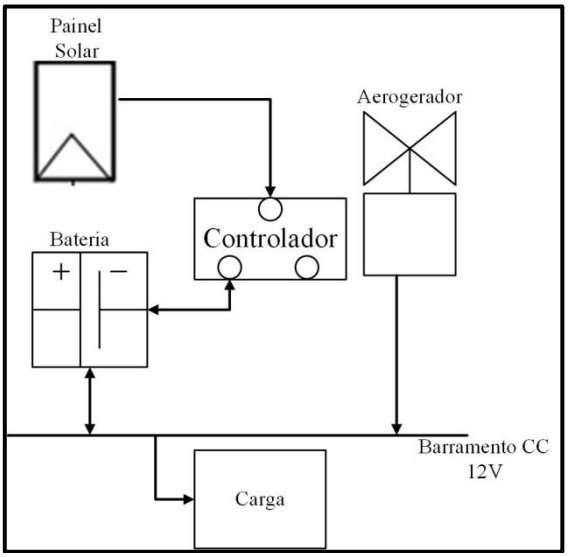


Figura 27: Configuração 1.
Fonte: Elaborado pela autora.

A primeira configuração (Figura 27) se caracteriza pela carga ser alimentada pela bateria. Nessa configuração, os painéis solares são conectados ao controlador de carga e então conectados à bateria. Enquanto que o aerogerador é conectado no mesmo barramento da bateria sendo necessário um dispositivo de proteção De modo que, as cargas a serem utilizadas são conectadas à este barramento de CC em que é consumida a energia gerada e armazenada.

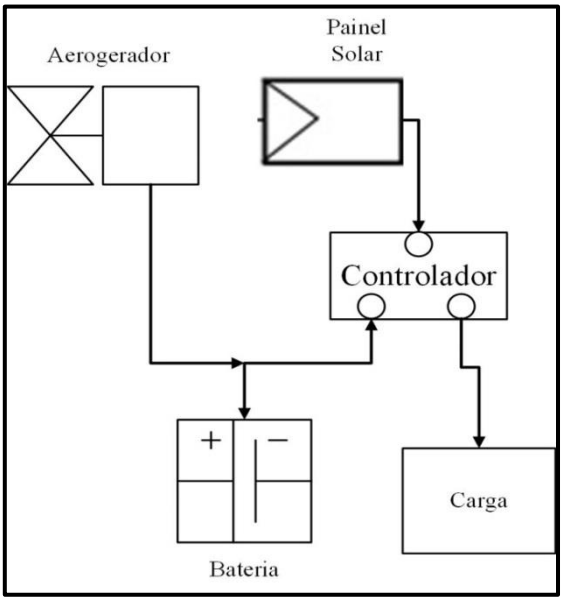


Figura 28: Configuração 2.
Fonte: Elaborado pela autora.

Na configuração 2, mostrada na Figura 28, a carga é alimentada pelo controlador de carga. O sistema consiste no aerogerador conectado à bateria carregando-a sempre que houver geração de energia elétrica. Aqui também é necessária a implantação de um dispositivo de proteção para o aerogerador. Os PV são conectados no controlador de carga que tem como uma das funções chavear para carregar ou consumir a energia da bateria e fornecer à carga a energia necessária. Tendo como função também controlar a carga e proteger o sistema, a ele conectado, de sobrecargas e curtos-circuitos.

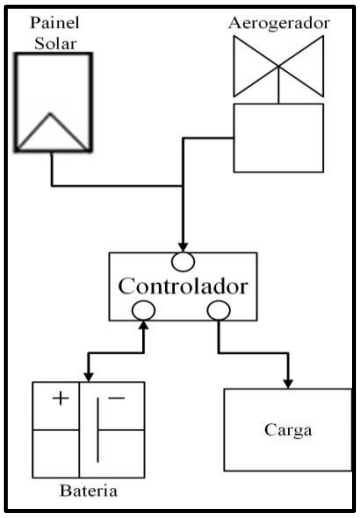


Figura 29: Configuração 3.
Fonte: Elaborado pela autora.

A terceira configuração, apresentada na Figura 29, também é controlada pelo controlador de carga e diferencia- se na conexão da geração eólica. Como na configuração 2, os PV, a bateria e a carga são ligadas ao controlador realizando os chaveamentos já mencionados. Já o aerogerador também é ligado ao controlador de carga. Isto é, as duas fontes de geração são conectadas, simultaneamente, no controlador. Observa-se que neste caso, não é necessária a utilização de dispositivo de proteção, pois o controlador já exerce esta função.

As configurações nas Figura 27, 21 e 22 apresentarão os possíveis diagramas de conexões das fontes, quando funcionando em conjunto.

4. BANCADA COM INSTRUMENTAÇÃO

Este capítulo trata do ponto fundamental para que a bancada tenha o caráter educativo e de controle do funcionamento do sistema. A Figura 30 representa os circuitos de medição, a placa de aquisição de dados e computador com o programa no qual serão realizadas as medições. Serão apresentados de forma separada para o melhor entendimento do sistema.

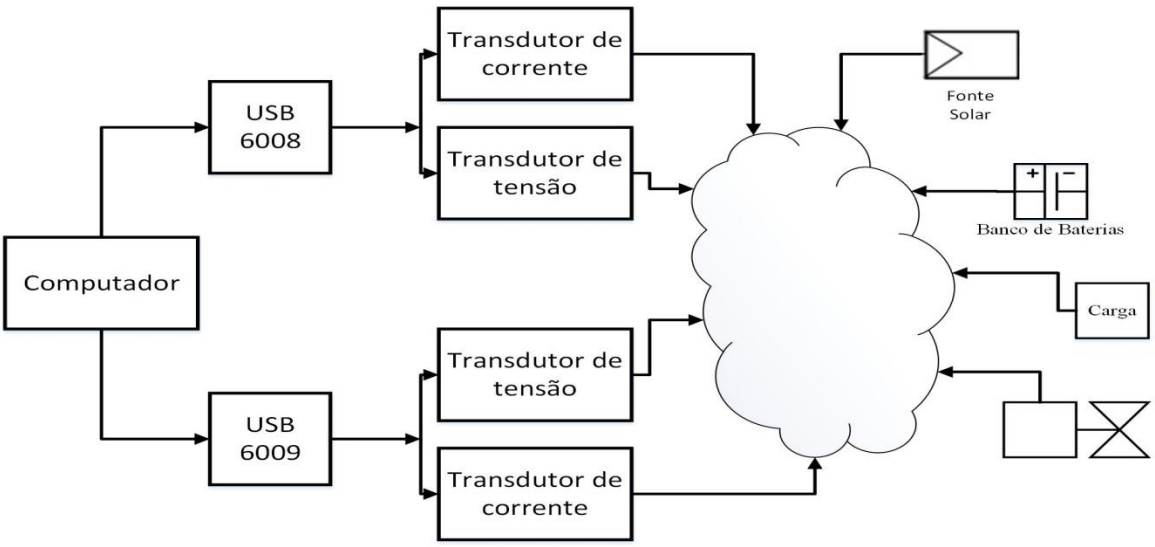


Figura 30: Configuração dos transdutores, placa de aquisição de dados e computador.
Fonte: Elaborado pela autora.

4.1. CONFIGURAÇÃO DOS CIRCUITOS

No verso das placas da bancada foram instalados os circuitos dos transdutores, estes possuem configurações simples, como apresentado nas Figura 31 e 34. Eles foram produzidos separadamente a fim de se obter uma melhor disposição nas placas da bancada.

4.1.1. Transdutor de corrente

Composto por três componentes que são capacitor de código 104 de 1 nF, representado por C1.1, capacitor de código 102 de 0,1 µF, representado por C2.1 e o sensor ACS712 (ANEXO VI), o circuito é apresentado na Figura 31. A corrente entra nos sensores e por efeito magnético é extraída uma tensão que é equivalente a uma corrente de entrada, esta relação é fornecida pelo *data sheet* do componente apresentado no “ANEXO VI”.

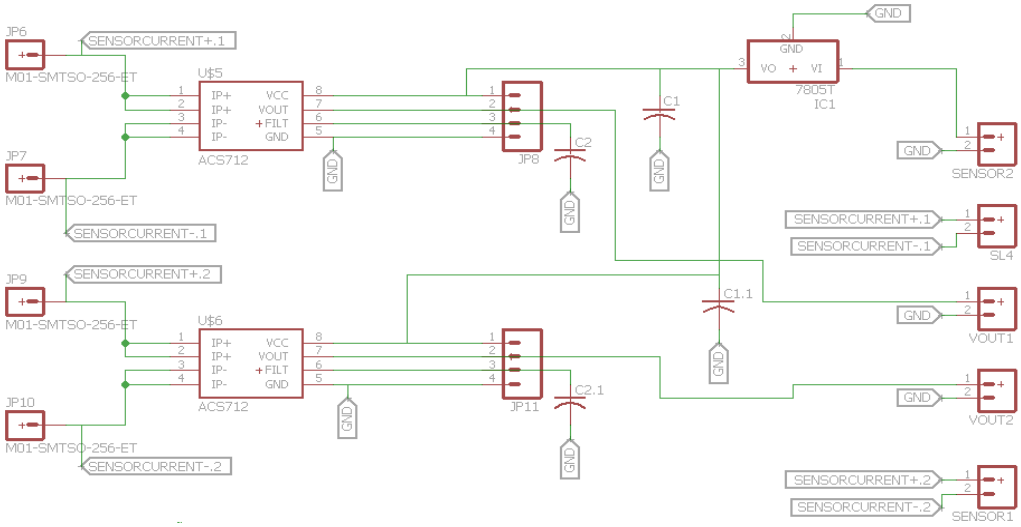


Figura 31: Circuito do transdutor de corrente.
Fonte: Tela do software Eagle.

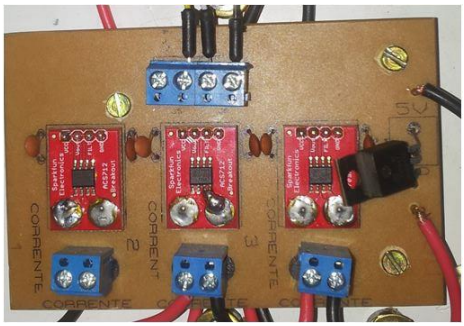


Figura 32: Transdutor instalado.
Fonte: Elaborado pela autora.

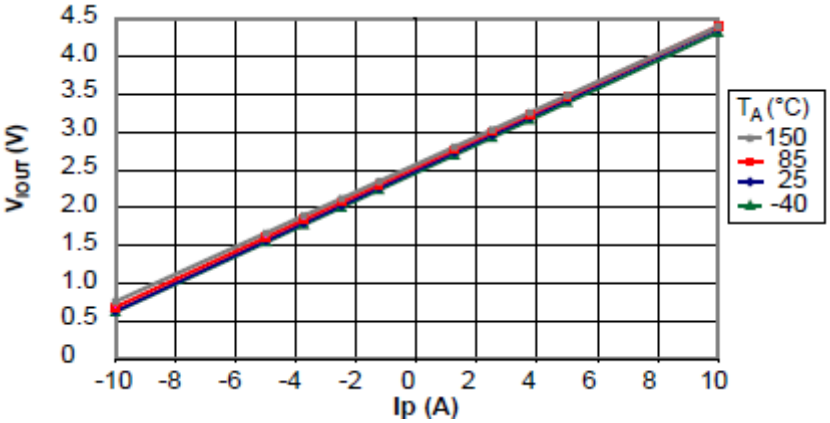


Figura 33: Relação tensão de saída e corrente lida.
Fonte: *Data sheet* do fabricante. (ANEXO VI)

4.1.2. Transdutor de tensão

Composto por um trimpot de 10 kΩ, representado por RVAR1 e RVAR2, e dois resistores; um de 1 kΩ representado por R1 e R2 e outro de 10 Ω, representado por RS1 e RS2. Eles estão dispostos como apresentado no circuito da Figura 34.

Seu funcionamento consiste na aplicação da tensão no terminal a ser avaliado e na saída. Lê-se uma tensão menor, porém com uma relação definida pela regulação do trimpot (ANEXO VII). A tensão sofre essa redução devido à placa de aquisição de dados ter um limite de entrada de ± 10 V.

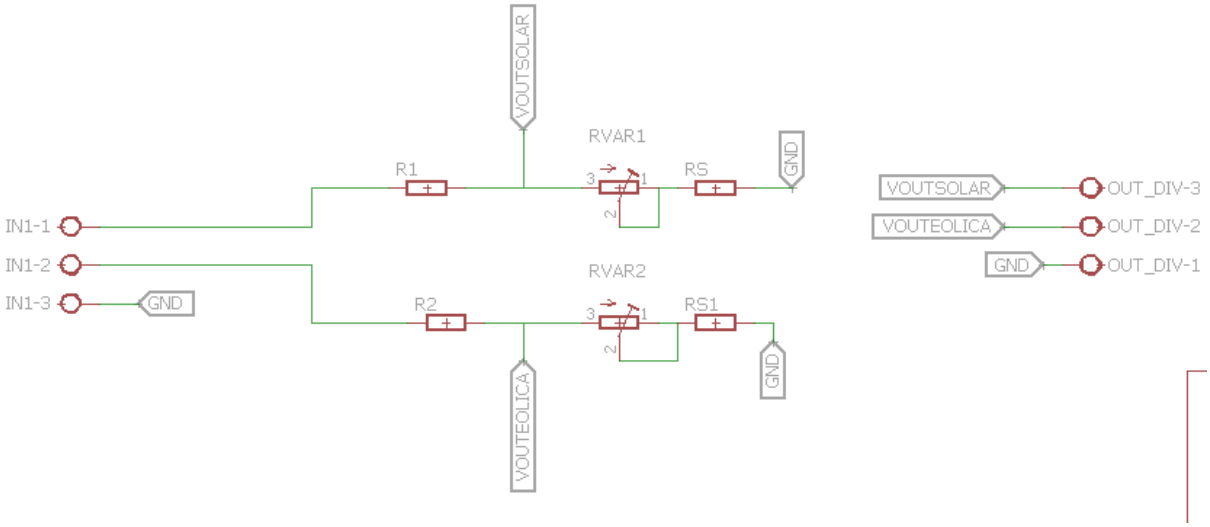


Figura 34: Circuito do transdutor de tensão.
Fonte: Tela do software Eagle.

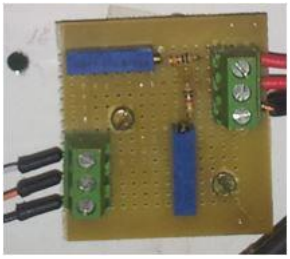


Figura 35: Transdutor de tensão instalado.
Fonte: Elaborado pela autora.

4.2. INSTRUMENTOS

O instrumento utilizado na bancada para a aquisição de dados foram o USB-6008, apresentado na Figura 36, e USB-6009 da *National Instruments*. Os dois possuem as características similares se diferenciando apenas na resolução de entrada e na taxa de amostragem máxima como apresentado na Tabela 10. São parâmetros que não influenciam na aquisição dos dados propostos.

Figura 36: USB-6008 da *NI*.
Fonte: *Datasheet* do fabricante (ANEXO V).

Tabela 9: Informação do NI USB-6008 e 6009.

USB	Resolução de entrada	Máx. sinal de entrada (V)	Entrada analógica	Taxa de amostragem máx. (kS/s)	Saída analógica
6008	12	± 10	8	10	2
6009	14	± 10	8	48	2

Em cada um dos equipamentos foram utilizadas quatro entradas analógicas; duas para a medição de tensão e duas para a medição de corrente. O objetivo é monitorar estes dois parâmetros para então se conhecer o real funcionamento do sistema e sua eficiência.

4.3. FORMAS DE MEDIÇÕES

Para se realizar as medições é importante se ter o conhecimento da forma de conectar os transdutores aos leitores de dados. A forma de conexão entre os sensores e a placa da *NI* é do modo simples ou referenciada a terra como na Figura 37.

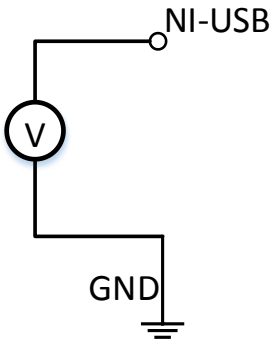


Figura 37: Configuração referenciada a terra.
Fonte: Elaborado pela autora.

Sendo assim, cada saída dos transdutores utilizados estará conectada a uma porta do tipo AI e ao GND, e cada circuito possui uma única saída que será conectada ao GND e duas saídas de tensão. As conexões e instalações na placa da bancada é apresentada na Figura 38.

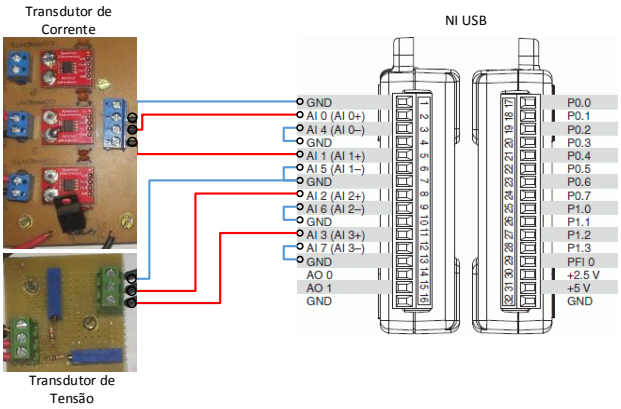


Figura 38: Conexão dos transdutores e do NI USB.
Fonte: Elaborado pela autora.

Observa-se que as linhas representadas em vermelho na Figura 38 são os sinais que irão sair as tensões para leitura. E as linhas representadas em azul são os ramais para o GND. A configuração para a placa de aquisição de dados USB-6008 e 6009 são iguais, já que o funcionamento e objetivo dos dois são os mesmos semelhantes.

As conexões apresentadas até o momento são todas fixas no verso das placas da bancada. Para a utilização da energia gerada, dos equipamentos e dos sensores é necessário que o usuário conecte os cabos, do tipo banana-banana, de forma a se obter uma das configurações apresentada, assim como o ponto de medição desejado. Para a medição, deve-se conectar a saída da placa de análise de dados da *NI* na entrada USB do computador a ser utilizado para as medição e utilização do *software*. A Figura 39 exemplifica a estrutura da bancada com a utilização das fontes geradoras de energia, a bateria, a carga e a análise dos dados no computador.

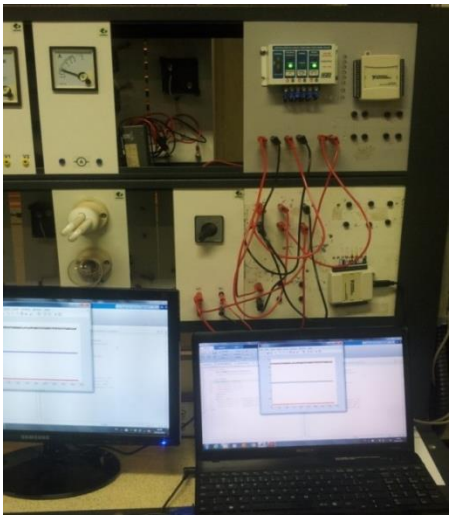


Figura 39: Estrutura da bancada montada.
Fonte: Elaborado pela autora.

A montagem do circuito, como apresentado na figura acima, é realizada pelo usuário da bancada. E como já mencionado, pode haver alterações de acordo com as configurações apresentadas no capítulo 3.

Para a aquisição dos dados, foram elaboradas linhas de comando (APÊNDICE IV) a partir das principais funções de programação matemática apresentadas anteriormente. Nelas estão as correções necessárias para a plotagem dos gráficos nas unidades corretas. Isto é, os transdutores têm saída máxima de 5 V, que não condizem com o real valor sendo necessárias correções para se obter os valores reais.

No caso da tensão, é utilizado o fator de multiplicação 4,67. Quanto à corrente são utilizadas as informações no *datasheet* do sensor, apresentado no "ANEXO VI", subtraindo-se o valor de 2,5 V dos dados coletados. Desse modo, é importante observar-se que devido o *trimpot* está vulnerável a alterações na regulação, deve-se verificar, com auxilio de um multímetro, o fator de multiplicação do sensor de tensão.

4.4. ESTRUTURAÇÃO DA BANCADA

A bancada de estudos, localizada no laboratório de eletricidade da FGA, é composta de duas placas metálicas confeccionadas de forma a se montar o sistema de acordo com as intenções de estudo.

É possível a utilização das duas fontes de energia, solar e eólica, de forma independente ou simultânea.

Na configuração 2, o painel solar é conectado ao controlador de carga de que então é conectado à bateria e à carga. O aerogerador é conectado diretamente na bateria carregando-a sempre que estiver em funcionamento. Isto é, a bateria recebe carga das duas fontes quando

elas estiverem em funcionamento e o controlador se responsabiliza por chavear a corrente para a carga instalada.

Observa-se que é colocado um dispositivo no aerogerador para evitar um algum tipo de retorno de corrente e consequentemente a danificação do equipamento. No caso do painel solar, o controlador se encarrega dessa função de proteção do sistema a ele conectado.

Vale ressaltar que no momento de conectar os elementos, a bateria deve ser ligada no controlador antes do painel fotovoltaico.

A configuração da primeira placa da bancada, apresentada na Figura 40, é constituída da saída das fontes de energia solar e eólica, pela saída da bateria, a placa de análise de dados USB-6008 e entradas para dois transdutores de tensão e dois transdutores de corrente.

Os transdutores podem receber informações de qualquer uma das três saídas (solar, eólica ou bateria). Porém serão utilizados para a análise da fonte solar e da fonte eólica.

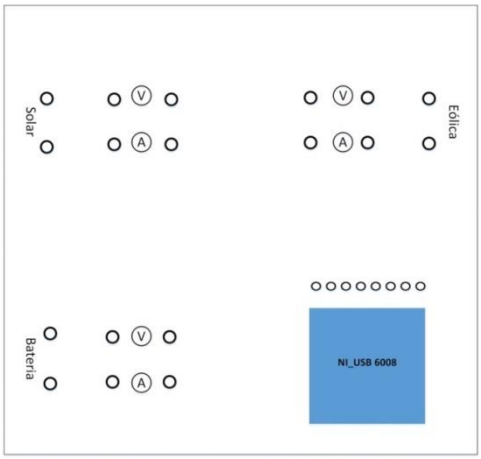


Figura 40: Frente da placa 2 da bancada.
Fonte: Elaborado pela autora.

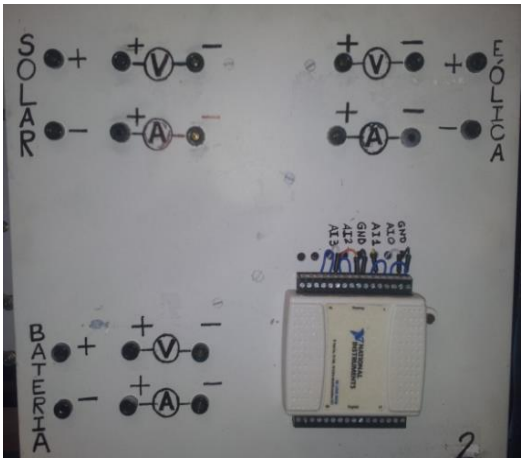


Figura 41: Placa 2 instalada.
Fonte: Elaborado pela autora.

A placa 2, apresentada nas Figura 40 e Figura 41, além de entrada para realização de medidas, fornecem a energia elétrica gerada e a saída da bateria podendo ser conectada de acordo com o experimento. Ela é ligada à bancada pelos fios de energia e está sempre energizada.

A segunda placa da bancada apresentada na Figura 42 é constituída pelo controlador de carga, pela placa de análise de dados USB – 6009 e tal como na placa 2, dois transdutores de corrente e dois de tensão. Para a conexão com o controlador de carga há a saída/entrada da bateria, entrada do painel fotovoltaico e saída para a carga. Nas duas placas, os circuitos dos transdutores e os fios das fontes de energia elétrica se encontram no verso das placas com o objetivo de deixar a frente livre para o usuário.

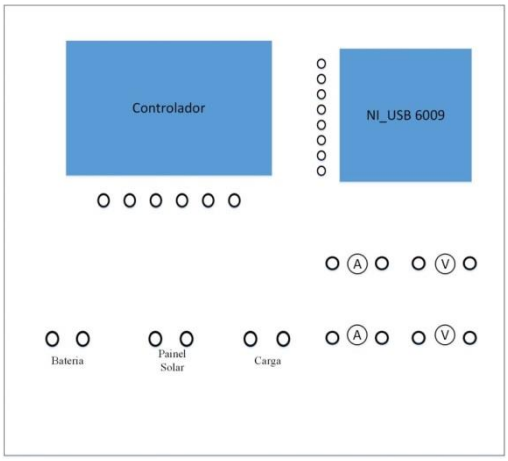


Figura 42: Frente da placa 1 da bancada.
Fonte: Elaborado pela autora.

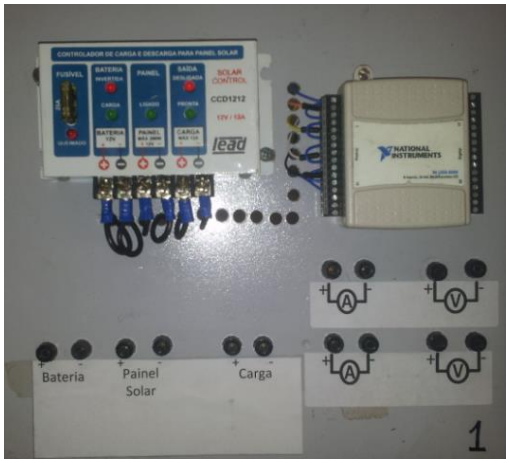


Figura 43: Placa 1 instalada.
Fonte: Elaboro pela autora.

A placa 1, apresentada nas Figura 42 e Figura 43, realiza medidas de corrente e tensão e comporta o controlador de carga que será conectada à placa 2 e às carga. Os fios utilizados para conectar o controlador de carga às entradas da bateria, do painel solar e da carga, estão localizados no verso deixando a parte frontal para a conexão dos cabos do tipo banana – banana e configuração do sistema. As placas dos circuitos, necessário para a medição dos dados, também estão dispostos no verso da placa. Na parte traseira da placa, tem-se a configuração dos circuitos e as conexões com o controlador.

4.5. SOFTWARE

Para o trabalho com a placa da *National Instruments* e coletar os dados foi utilizado o software MATLAB com as suas funções básicas para a análise. Ressalta-se que para a utilização dos dois em conjunto é necessário a instalação do drive na placa NIDAQmx. É ele que possibilita a utilização das funções, o reconhecimento da placa USB-6008 e 6009 e disponibiliza uma janela de testes das portas analógicas e digitais.

4.5.1. Funções básicas

Para iniciar qualquer análise com os USB's é necessária a linha de comando que o reconheça e crie uma sessão de aquisição de dados.

$$s = \mathrm{daq.createSession}('ni')$$

Com a sessão criada é necessário o reconhecimento do canal que se deseja manipular. Para isso deve-se saber o nome da placa (dev1 ou dev2), o nome do canal em uso (ai0, ai1,...) e a finalidade, (se tensão, corrente, pressão,...). A linha de comando abaixo exemplifica duas das portas a serem utilizadas.

$$s.addAnalogInputChannel('Dev1', 0, 'Voltage')$$
$$s.addAnalogInputChannel('Dev1', 1, 'Voltage')$$

Ao inserir um canal de leitura é estipulado um tempo de leitura e a quantidade de dados lidos nesse período de 1000 dados em 1 segundo, ou seja, 1000 dados por segundo. Estes valores podem ser alterados aumentando o tempo, dados em segundos, e a quantidade de leitura, para cada segundo, apresentado abaixo, respectivamente.

$$s.DurationInSeconds = tempo$$
$$s.Rate = quantidade\ de\ dados$$

Tendo conhecimento do canal a ser iniciado, o tempo e quantidade de dados por segundo agora é necessário receber os dados e armazená-los. Há duas formas para tal ação; a primeira é a cada comando de linha retornar apenas uma linha de valores e a segunda e a cada comando retornar a quantidade estipulada pelos comandos anteriores. Em ambos os casos são apresentados a magnitude dos dados e o tempo.

$$[magnitude\ \ tempo] = s.inputSingleScan;$$
$$[magnitude\ \ tempo] = s.startForeground$$

Com os comandos já conhecidos da programação matemática e com os comandos apresentados é possível construir configurações de programação para as diferentes formas de coletar e trabalhar os dados.

4.6. EQUIPAMENTOS DE CONSUMO

Para dimensionar o sistema é importante saber a carga que será consumida. Esta subseção tem por finalidade dimensionar e descrever, de forma sucinta, os principais equipamentos de consumo que podem ser utilizados. O sistema de alimentação é composto por computador, iluminação, comunicação e monitor. Os equipamentos citados são utilizados com frequência e podem ser manipulados independente da rede elétrica.

4.6.1. Iluminação

Principal aplicação e motivação de utilização de sistemas híbridos de microgeração. Este pode funcionar com corrente alternada ou com corrente contínua, possui variações quanto à tensão de funcionamento. E o tipo de lâmpadas CC utilizados, disponíveis no mercado, podem funcionar com 12 V ou 24 V e a potência média é de 6 W.

4.6.2. Notebook

Os novos computadores podem funcionar com corrente alternada, pois a maioria possui transformadores próprios. Mas também podem funcionar conectados diretamente em corrente contínua. Neste ultimo caso a tensão de funcionamento da maioria é de 19.5 V com um consumo médio de 92 W. (PROCEL, 2014)

4.6.3. Monitor

Os monitores, segundo o PROCEL, podem ter um consumo de 34 W se de LED ou 55 W se normal. Considerando uma média entre esses valores e sendo o monitor com CC de 15 V, tem-se uma corrente de aproximadamente 2,967 A. Porém, o monitor a ser utilizado pode funcionar com corrente contínua e possui consumo de 30 W, já a tensão de entrada pode ser de 12 ou 14 V e a corrente de 2,14 A.

4.6.4. Comunicação

A instalação de aparelhos de comunicação como telefone e roteador é importante para a manutenção da comunicação. Quanto aos telefones, existem aparelhos que funcionam com a tensão proveniente da rede telefônica. Já os roteadores, estes funcionam com uma baixa tensão podendo ser de 5 V ou 12 V, e têm consumo de 8 W. (PROCEL, 2014)

Tabela 10: Consumo dos equipamentos.

Quantidade	Equipamento	Consumo Unitário (W)	Consumo Total (W)	Horas de uso (h)	Consumo por dia (Wh)
2	Iluminação	6	12	12	144
1	Notebook	92	92	6	552
1	Monitor	45	45	6	270
1	Modem wifi	8	8	24	192
Total		151	157	48	1158

5. MEDIÇÕES E RESULTADOS

Neste capítulo serão apresentadas as configurações utilizadas para se obtenção dos dados de energia solar e depois de energia eólica assim como os resultados obtidos de cada uma das configurações.

5.1. MEDIÇÕES SOLAR

Para a avaliação do sistema de medição solar foi montada a configuração apresentada no diagrama da Figura 44 em que são utilizados o PV, o controlador, a bateria e uma carga. Foram realizados alguns experimentos para a compreensão do funcionamento do controlador de carga. O período em que a bateria é carregada e depois quando ela já estava carregada.

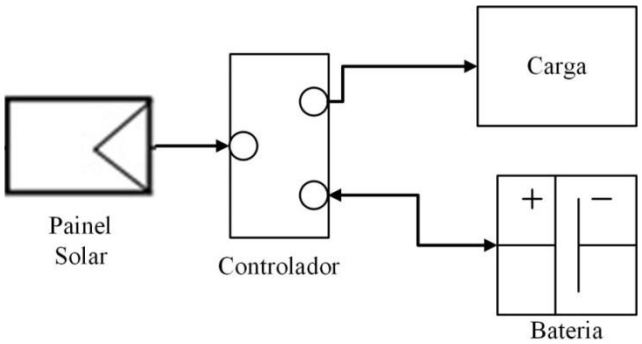


Figura 44: Configuração de energia solar.
Fonte: Elaborado pela autora.

O primeiro experimento foi realizado quando a produção de energia elétrica estava baixa, no fim da tarde, em que a irradiação solar é menor. É quando é demanda mais da bateria para energizar a carga.

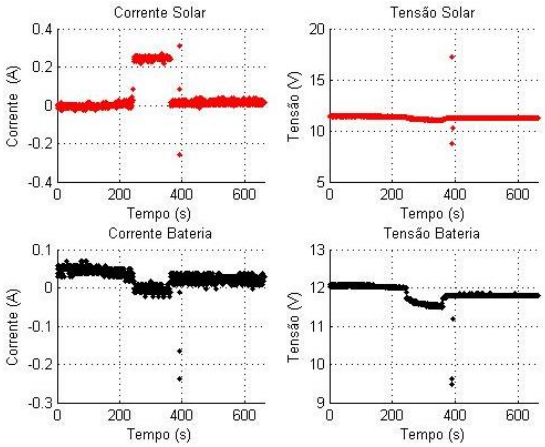


Figura 45: Primeiro experimento solar.
Fonte: Elaborado pela autora.

A Figura 45 apresenta a medição da tensão do painel solar e da bateria e a medição da corrente entre o PV e o controlador e entre a bateria e o controlador. Devido à baixa geração de energia elétrica pela placa solar observa-se que não há corrente solar. Quem alimenta a carga é a bateria e há um aumento na corrente da bateria no instante em que a lâmpada é ligada.

O outro experimento realizado apresenta a forma de carregamento da bateria quando sua reserva está baixa.

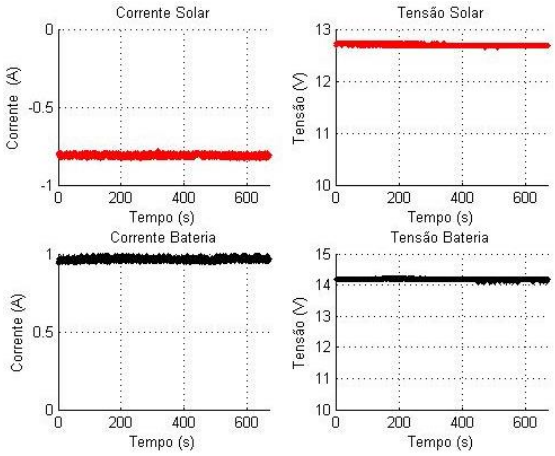


Figura 46: Recarga da bateria.
Fonte: Elaborado pela autora.

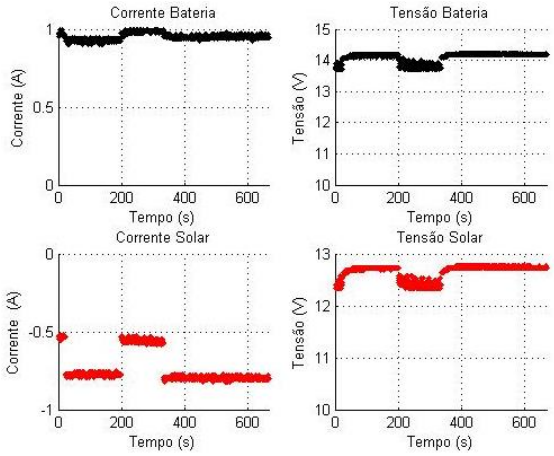


Figura 47: Recarga da bateria e alimentação da carga.
Fonte: Elaborado pela autora.

Na Figura 46 ocorre apenas a recarga da bateria pelo PV. Observa-se que a corrente entre a bateria e o controlador é negativa devido o sentido adotado. Isto é, na montagem da bancada assumiu-se que o sentido positivo ocorre da bateria para o controlador. E a tensão gerada no painel solar é maior que na bateria.

Na Figura 47, em que há a recarga da bateria e a energização da carga, a corrente da bateria permanece negativa indicando que ela é carregada. Porém, ao ligar a carga, a corrente de recarga diminui assim como a tensão da bateria e do PV. Isso porque parte da energia gerada é direcionada para a bateria e outra parte para a carga.

O último experimento realizado ocorreu com a bateria já carregada e o painel solar no horário de maior geração de energia elétrica. Desta vez foram analisados o PV, a bateria e a carga. Com a bateria já carregada, o controlador inicia um processo de recarga de pulsos. Isto é, a bateria é recarregada em pequenos intervalos de tempo de forma a pulsar a corrente e a tensão.

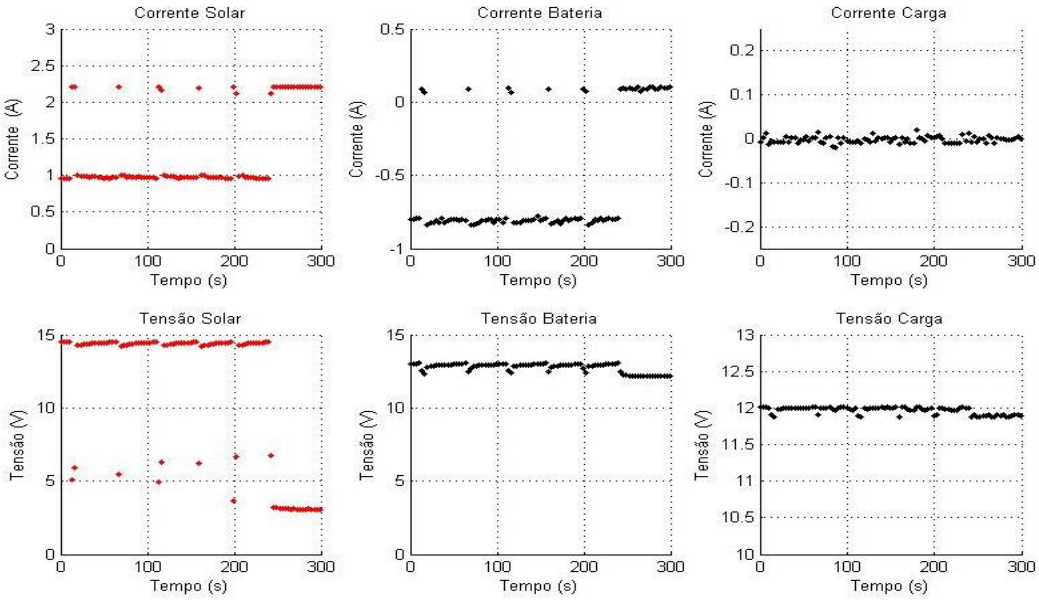


Figura 48: Medição com a bateria carregada.
Fonte: Elaborado pela autora.

Nos gráficos apresentados na Figura 48 é possível verificar o comportamento do controlador de carga em que são puladas tensões mais altas.

5.2. MEDIÇÃO EÓLICA

Na avaliação do sistema eólico, foram utilizados o aerogerador, a bateria e uma carga configurados de acordo com o diagrama da Figura 49.

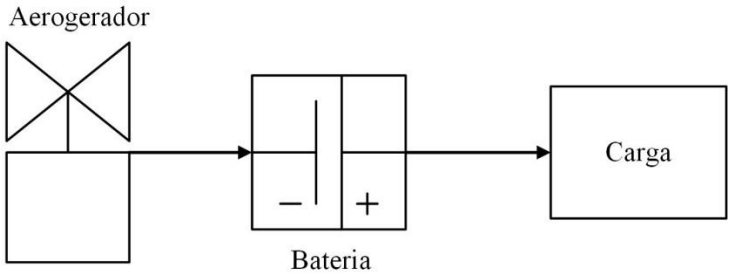


Figura 49: Configuração de energia eólica.
Fonte: Elaborado pela autora.

A partir da configuração apresentada acima foram realizados experimentos para a avaliação do sistema e dos circuitos. O primeiro foi avaliado apenas do aerogerador analisando a corrente e a tensão. No primeiro instante apenas o comportamento do aerogerador e em seguida a realização com uma carga de 12 V e 15 W.

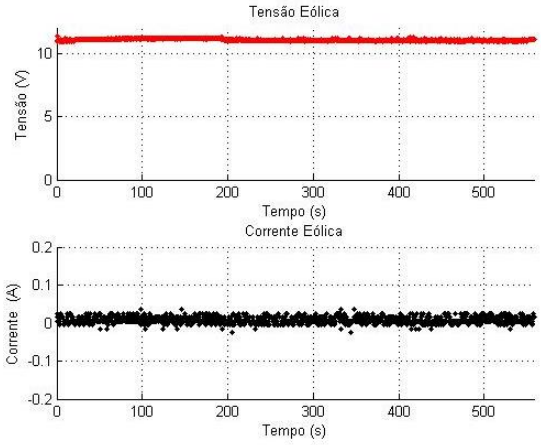


Figura 50: Leitura de tensão e corrente do aerogerador.
Fonte: Elaborado pela autora.

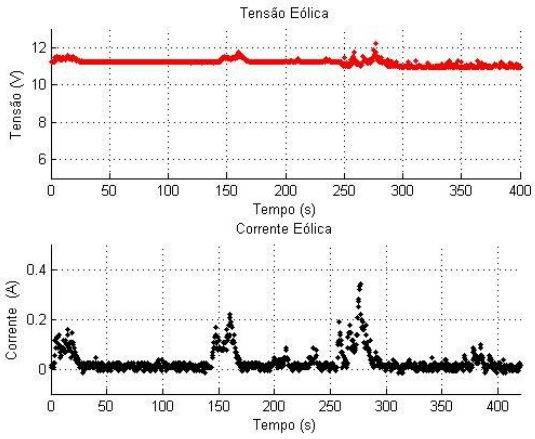


Figura 51: Leitura de tensão e corrente do aerogerador com uma carga.
Fonte: Elaborado pela autora.

Na Figura 50 é apresentada a leitura dos sensores quando o aerogerador está conectado à bateria e não há nenhuma carga conectada. A variação da tensão é mínima assim como a corrente, pois o aerogerador não estava em funcionamento pleno e a bateria limita a tensão próxima a 12 V. Já na Figura 51, é acionada uma lâmpada de 12 V e 15 W observa-se a variação tanto de corrente como de tensão. No intervalo entre 300 a 400 segundos percebeu-se uma rajada de vento o que ocasionou uma carga no sentido aerogerador-bateria. No intervalo entre 600 a 700 segundos a variação ocorre no instante em que a lâmpada é ligada.

Na segunda parte experimental foram inseridos corrente entre a bateria e a carga e a tensão na bateria para avaliação.

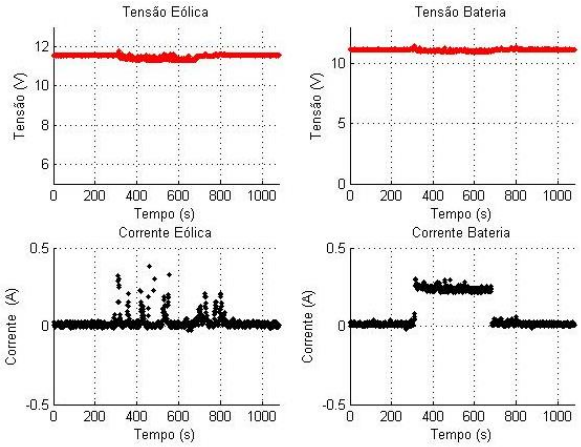


Figura 52: Primeira avaliação de tensão e corrente no aerogerador e na bateria.
Fonte: Elaborado pela autora.

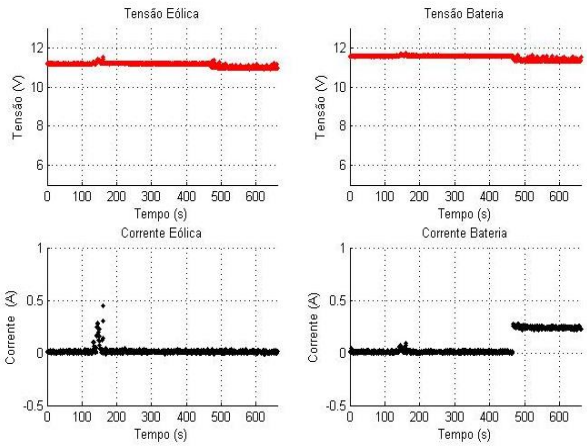


Figura 53: Segunda avaliação de tensão e corrente no aerogerador e na bateria.
Fonte: Elaborado pela autora.

Na Figura 52 e Figura 53 são apresentados os gráficos de leitura de tensão do aerogerador e da bateria e a corrente entre o aerogerador e bateria e entre bateria e carga. As

duas leituras se diferenciam no instante em que a carga é ligada e na intensidade de vento no instante das análises. Na avaliação da corrente eólica da Figura 52 observa-se pequenas alterações que se devem à ocorrência de vento nos instante da leitura, enquanto que na Figura 53 está se mantem mais estável. Quando à corrente da bateria, esta se altera no instante que a carga é ligada sendo perceptível seu aumento.

5.3. RESULTADOS OBTIDOS

O principal resultado obtido neste trabalho consiste na apresentação da bancada instalada e em funcionamento para o uso didático dos recursos energéticos provenientes dos painéis solares e do aerogerador já existentes na FGA e que estavam sem utilização. Porém foi encontrado um obstáculo para o funcionamento do sistema, o controlador de carga.

O componente importante para a manutenção dos elementos é o controlador de carta possui limitações de tensão e potência de entrada, corrente de saída e tensão da bateria. A primeira e principal limitação se deve a tensão de entrada ser de 12 V, pois não é possível conectar o aerogerador e o PV no mesmo ponto, tendo em vista que eles podem fornecer tensões diferentes e ultrapassar a potência máxima que é de 150 W.

Para o melhor conhecimento do funcionamento do controlador foi analisado o circuito e seu funcionamento. Na Figura 54 é apresentada a base de funcionamento do controlador. Composto por um fusível, um diodo, dois transistores *mosfet* de código 50N06L e um retificado de potência de código MBR 1545CTG,

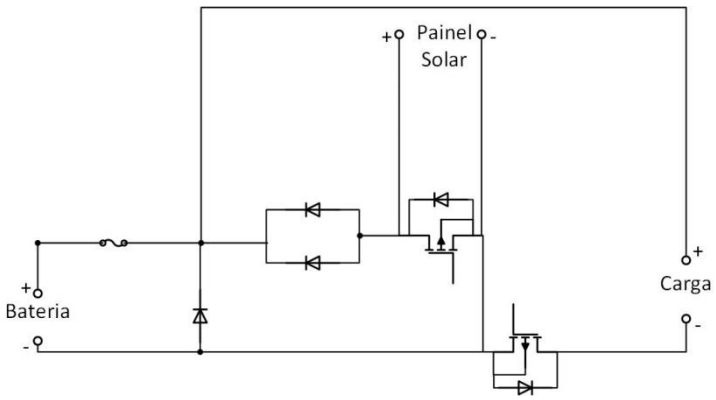


Figura 54: Circuito básico do controlador.
Fonte: Elaborado pela autora.

Porém alguns pontos podem ser evoluídos com a implementação de mais equipamentos na geração, no controle e na utilização da energia. Observou-se a necessidade

de um sistema de controle que comporte as duas fontes de geração de forma a otimizar a utilização das duas fontes de energia.

O principal instrumento responsável por isso é o controlador de carga que funciona de forma a receber a energia elétrica gerada pelas duas fontes, carregar e receber a energia do banco de baterias e fornecer energia para a carga. Para isso, sugere-se a elaboração de um controlador de carga mais robusto que possa trabalha com a configuração apresentada na Figura 55.

Destarte, o circuito do controlador deveria ter duas entradas, uma para a energia solar e outra para energia eólica, pois as duas não trabalham com tensões iguais podendo prejudicar uma à outra. Sugere-se também a propriedade do seu funcionamento tanto a 12 V quanto a 24 V. Isso proporcionará melhor aproveitamento do sistema. Além das características comuns dos controladores de monitoramento do banco de baterias e seu carregamento quando necessário e o fornecimento de energia elétrica à carga.

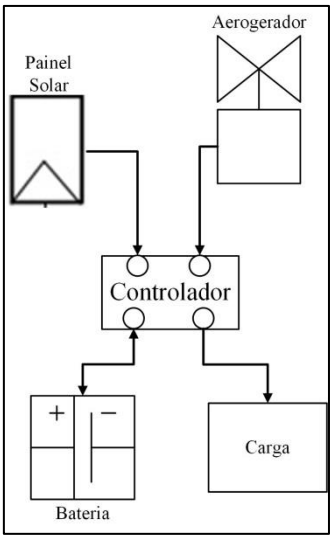


Figura 55: Configuração sugerida.
Fonte: Elaborado pela autora.

6. CONCLUSÃO

O crescimento de sistemas que utilizam fontes de energia sustentáveis como a energia eólica e solar é um processo já existente no Brasil. São fontes energéticas com grande potencial, principalmente a solar que é expressiva durante quase todo o ano. Sua presença em residências, pequenas comunidades e em sistemas de iluminação pública são provas disso.

Esse potencial energético também pode ser utilizado no *campus* Gama da Universidade de Brasília com o sistema já instalado que consiste de duas placas fotovoltaicas e um aerogerador de pequeno porte.

Os resultados da primeira etapa do trabalho de conclusão de curso dos dados meteorológicos mostraram que a quantidade de energia gerada em cada mês é suficiente para um sistema com baixo consumo. Estes resultados mostram que a produção de energia elétrica dos painéis solares e do aerogerador possibilitam a implantação do sistema híbrido eólico-fotovoltaico proposto, isto é, o consumo e a utilização desta energia para a uma bancada didática no laboratório de eletricidade.

Neste trabalho foi utilizada uma proposta de elaboração de uma bancada didática. Para sua produção e finalização foram elaboradas programações no *software* utilizado para análise de dados, confeccionaram-se os circuitos dos transdutores, feitas as devidas adequações nas placas da bancada e por fim realizada a instalação do conjunto integrando todos os sistemas.

O resultado deste trabalho de conclusão de curso é uma bancada didática, localizada no laboratório de eletricidade da FGA, constituída de duas placas que comportam as entradas e saídas das fontes de energia elétrica gerada e dos sistemas de análise. As placas possuem configurações que possibilitam a montagem do sistema pelo aluno. É possível a montagem do sistema solar ou eólico e a junção dos dois resultando no sistema híbrido. As análises de tensão e corrente podem ser realizadas em quatro pontos diferentes de forma simultâneas.

A bancada didática, instalada e em funcionamento, possibilita o entendimento do controlador de carga e da forma com que a energia gerada é passada para a bateria e para a carga. Uma ferramenta para disciplinas que envolvam as energias trabalhadas, o controle do sistema e a utilização de equipamento de corrente contínua.

Há pontos que podem ser melhorados em trabalhos futuros como o controlador de carga possibilitando o aumento da tensão utilizada e o controle simultâneo das duas fontes pelo controlador de carga que comporte as fontes do sistema híbrido utilizado.

7. BIBLIOGRAFIA

AMARANTE, O., BROWER, M., ZACK, J., & SÁ, A. (2001). *Atlas do Potencial Eólico Brasileiro.* Ministério de Minas e Energia.

ANEEL. (17 de abril de 2012). RESOLUÇÃO NORMATIVA Nº 482.

ANEEL. (2014). Banco de Informações da Geração . Brasília, Brasil.

BARBOSA, C. F. (2006). Avaliação tecnológica, operacional e de gestão de sistemas híbridos ara geração de eletricidade na região amazônica. Belém, Pará: UFP.

CÂMARA, C. F. (2011). Sistema fotovoltaico conectado à rede elétrica. *Mestrado*. Lavras, MG: UFLA.

ÇENGEL, Y. A. (2012). Transferência de Calor e Massa: uma abordagem prática. Porto Alegre: AMGH.

COUTO, M. B. (2000). Ensaio de Equipamento de Consumo Típico Utilizado em Sistemas Fotovoltáicos. Porto Algre, RS: UFRS.

EPE. (2014). *Balanço Energético Nacional: Ano base 2013.* Empresa de Pesquisa Energética. Rio de Janeiro: EPE.

FADIGAS, E. A. (2012). Energia eólica. Barueri, SP: Manole.

FERNANDES, P. d. (2005). Caracterização de regimes de vento visando o seu aproveitamento energético. *Mestrado*. FEUP.

GARCÍA, F. H. (janeiro de 2004). Análise Experimental e Simulação de Sistema Híbrido Eólico-fotovoltaico. *Tese de Doutorado*. Porto Alegre, RS: UFRGS.

GILAT, A. (2006). *MATLAB com aplicações em engenharia.* Porto Alegre: Bookman.

Global Wind Energy Council. (2014). *Global Wind Report: annual market update 2014.* GWEC.

MARTINS, F., GUARNIERI, R., & PEREIRA, E. (2008). O aproveitamento da energia eólica. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 13.

MAZETTO, J. E., & TAMASHIRO, R. C. (2010). Viabilidade do uso energético eólico na UNICAMP. *Artigo*. FEEC/UNICAMP.

OLIVEIRA, S. H. (abril de 1997). Dimensionamento de Sistemas Fotovoltaicos Autônomas: Ênfase na Eletrificação de Residências de Baixo Consumo. *Mestrado*. São Paulo, SP: USP.

PARIZOTTO, R. R. (2014). Instalação e avaliação de um sistema de bombeamento d'agua com aerogerador eólico de pequeno porte para propriedades rurais, na cidade de Cascavel. Cascavel, PR: UNIOESTE.

PEREIRA, E., MARTINS, F., & ABREU, S. L. (2006). *Atlas Brasileiro de Energia Solar.* São José dos Campos: INPE.

PINHO, J. T. (2008). SISTEMAS HÍBRIDOS:Soluções Energéticas para a Amazônia. BRASIL: Ministério de Minas e Energia.

PROCEL. (2014). *Tabela de estimativa de consumo medio mensal de eletrodométicos de acordo com um uso hipotético.* Brasil: Eletrobras.

RODRIGUES, P. R. (2014). *Projeto de bancada didática experimental para o uso de energia Solar e Eólica.* Brasília: UnB.

SILVA, E. L., & SILVA, A. (2013). Dimencionamento simplificado de um sistema solar fotovoltaico conectado à rede elétric para uma residência unifamiliar. *Trabalho de Bacharelado*. Mossoró: UFERSA.

WAGNER, J. T. (1991). Simulação de Sistema Fotovoltaico para a Amazônia. *Mestrado*. Porto Alegre, RS: UFRGS.

APÊNDICE

APNÊNDICE I: Código de análise solar.

```
clc, clear all, close all
%%Importando os dados metereológica para cada mês
janeiro=xlsread('dados_2013', 1);
fevereiro=xlsread('dados_2013', 2);
marco=xlsread('dados_2013', 3);
abril=xlsread('dados_2013', 4);
maio=xlsread('dados_2013', 5);
junho=xlsread('dados_2013', 6);

%Irradiância solar
rad1=janeiro(:,4);  rad2=fevereiro(:,4);
rad3=marco(:,4);    rad4=abril(:,4);
rad5=maio(:,4);     rad6=junho(:,4);

%Média de radiação por hora no período de um dia-24h.
[M1]=pordia(rad1);  [M2]=pordia(rad2);
[M3]=pordia(rad3);  [M4]=pordia(rad4);
[M5]=pordia(rad5);  [M6]=pordia(rad6);

%%Apresentação dos gráficos

figure(1);
plot(M1,'k', 'LineWidth',3);
title('Mês de Janeiro','FontSize',12);
ylabel('Irradiância (W/m^2)','FontSize',12);xlabel('Tempo
(h)','FontSize',12);
mm=max(M1);
nn=find(M1==mm);
str=['Máximo= ' num2str(mm),' as' num2str(nn),'h.'];
tx=text(nn,mm,str)
grid on
figure(2);
plot(M2,'k', 'LineWidth',3)
title('Mês de Fevereiro','FontSize',12);
ylabel('Irradiância (W/m^2)','FontSize',12);xlabel('Tempo
(h)','FontSize',12);
mm=max(M2);
nn=find(M2==mm);
str=['Máximo= ' num2str(mm),' as' num2str(nn),'h.'];
tx=text(nn,mm,str)
grid on
figure(3);
plot(M3,'k','LineWidth',3)
title('Mês de Março','FontSize',12);
ylabel('Irradiância (W/m^2)','FontSize',12);xlabel('Tempo
(h)','FontSize',12);
mm=max(M3);
nn=find(M3==mm);
str=['Máximo= ' num2str(mm),' as' num2str(nn),'h.'];
tx=text(nn,mm,str)
grid on
figure(4);
```

```
plot(M4,'k', 'LineWidth',3)
title('Mês de Abril','FontSize',12);
ylabel('Irradiância (W/m^2)','FontSize',12);xlabel('Tempo
(h)','FontSize',12);
mm=max(M4);
nn=find(M4==mm);
str=['Máximo= ' num2str(mm),' as' num2str(nn),'h.'];
tx=text(nn,mm,str)
grid on
figure(5);
plot(M5,'k', 'LineWidth',3)
title('Mês de Maio','FontSize',12);
ylabel('Irradiância (W/m^2)','FontSize',12);xlabel('Tempo
(h)','FontSize',12);
mm=max(M5);
nn=find(M5==mm);
str=['Máximo= ' num2str(mm),' as' num2str(nn),'h.'];
tx=text(nn,mm,str)
grid on
figure(6);
plot(M6,'k', 'LineWidth',3)
title('Mês de Junho','FontSize',12);
ylabel('Irradiância (W/m^2)','FontSize',12);xlabel('Tempo
(h)','FontSize',12);
mm=max(M6);
nn=find(M6==mm);
str=['Máximo= ' num2str(mm),' as' num2str(nn),'h.'];
tx=text(nn,mm,str)
grid on

%%Calculo da Potência

area=1.5*0.668  %área da placa em m^2

%Potência em W para cada hora do mês.
P_mes1=M1.*area;  P_mes2=M2.*area;
P_mes3=M3.*area;  P_mes4=M4.*area;
P_mes5=M5.*area;  P_mes6=M6.*area;

%Potência em W para cada mês.
P1=sum(P_mes1); P2=sum(P_mes2);
P3=sum(P_mes3); P4=sum(P_mes4);
P5=sum(P_mes5); P6=sum(P_mes6);

P_meses=[sum(P1) sum(P2) sum(P3) sum(P4) sum(P5) sum(P6)]% sum(P7)]
%Potência total em W
P_t=(sum(P1)+sum(P2)+sum(P3)+sum(P4)+sum(P5)+sum(P6))%+sum(P7));
```

APNÊNDICE II: Código de análise do vento.

```
clc, clear all, close all

%%Importando os dados da central metereológica por mês
janeiro=xlsread('26_05dados_2013', 1);
fevereiro=xlsread('26_05dados_2013', 2);
marco=xlsread('26_05dados_2013', 3);
abril=xlsread('26_05dados_2013', 4);
maio=xlsread('26_05dados_2013', 5);
junho=xlsread('26_05dados_2013', 6);

%Vetor velocidade do vento
v1=janeiro(:,6);    v2=fevereiro(:,6);
v3=marco(:,6);      v4=abril(:,6);
v5=maio(:,6);       v6=junho(:,6);

%Vetor direção dos ventos
dir1=janeiro(:,10);  dir2=fevereiro(:,10);
dir3=marco(:,10);    dir4=abril(:,10);
dir5=maio(:,10);     dir6=junho(:,10);

%Temperatura do ar
temp1=janeiro(:,11);    temp2=fevereiro(:,11);
temp3=marco(:,11);      temp4=abril(:,11);
temp5=maio(:,11);       temp6=junho(:,11);

%Calculos de médias de velocidade
meida_vel=[mean(v1) mean(v2) mean(v3) mean(v4) mean(v5) mean(v6)]

%Média da direção
media_dir=[mean(dir1) mean(dir2) mean(dir3) mean(dir4) mean(dir5)...
    mean(dir6)]

%Média da temperatura
med_tem=[mean(temp1) mean(temp2) mean(temp3) mean(temp4) mean(temp5)...
    mean(temp6)]

[M1]=pordia(v1);    [M2]=pordia(v2);
[M3]=pordia(v3);    [M4]=pordia(v4);
[M5]=pordia(v5);    [M6]=pordia(v6);

%Deensidade do ar
rho1=1.2007;    rho2=1.1948;
rho3=1.1972;    rho4=1.2028;
rho5=1.2023;    rho6=1.2048;

area=(pi/4)*1.191;

[P_m1]=1/2*rho1*area*(M1.^3);   [P_m2]=1/2*rho2*area*(M2.^3);
[P_m3]=1/2*rho3*area*(M3.^3);   [P_m4]=1/2*rho4*area*(M4.^3);
[P_m5]=1/2*rho5*area*(M5.^3);   [P_m6]=1/2*rho6*area*(M6.^3);

P_meses=[sum(P_m1) sum(P_m2) sum(P_m3) sum(P_m4) sum(P_m5) sum(P_m6)]

P_real=0.35*P_meses
```

```
%% Apresentação dos Gráficos
figure(1);
plot(M1,'k', 'LineWidth',3);
title('Mês de Janeiro','FontSize',12);
ylabel('Velocidade (m/s^2)','FontSize',12);xlabel('Tempo
(h)','FontSize',12);
mm=max(M1);
nn=find(M1==mm);
str=['Máximo= ' num2str(mm),' as' num2str(nn),'h.'];
tx=text(nn,mm,str);
grid on

figure(2);
plot(M2,'k', 'LineWidth',3)
title('Mês de Fevereiro','FontSize',12);
ylabel('Velocidade (m/s^2)','FontSize',12);xlabel('Tempo
(h)','FontSize',12);
mm=max(M2);
nn=find(M2==mm);
str=['Máximo= ' num2str(mm),' as' num2str(nn),'h.'];
tx=text(nn,mm,str);
grid on

figure(3);
plot(M3,'k','LineWidth',3)
title('Mês de Março','FontSize',12);
ylabel('Velocidade (m/s^2)','FontSize',12);xlabel('Tempo
(h)','FontSize',12);
mm=max(M3);
nn=find(M3==mm);
str=['Máximo= ' num2str(mm),' as' num2str(nn),'h.'];
tx=text(nn,mm,str);
grid on

figure(4);
plot(M4,'k', 'LineWidth',3)
title('Mês de Abril','FontSize',12);
ylabel('Velocidade (m/s^2)','FontSize',12);xlabel('Tempo
(h)','FontSize',12);
mm=max(M4);
nn=find(M4==mm);
str=['Máximo= ' num2str(mm),' as' num2str(nn),'h.'];
tx=text(nn,mm,str)
grid on

figure(5);
plot(M5,'k', 'LineWidth',3)
title('Mês de Maio','FontSize',12);
ylabel('Velocidade (m/s^2)','FontSize',12);xlabel('Tempo
(h)','FontSize',12);
mm=max(M5);
nn=find(M5==mm);
str=['Máximo= ' num2str(mm),' as' num2str(nn),'h.'];
tx=text(nn,mm,str)
grid on

figure(6);
plot(M6,'k', 'LineWidth',3)
title('Mês de Junho','FontSize',12);
```

```
ylabel('Velocidade (m/s^2)','FontSize',12);xlabel('Tempo
(h)','FontSize',12);
mm=max(M6);
nn=find(M6==mm);
str=['Máximo= ' num2str(mm),' as' num2str(nn),'h.'];
tx=text(nn,mm,str)
grid on
```

APÊNDICE III : Funções utilizadas.

```
function[M]=pordia(v)

n=1;
for j=1:(length(v)/24);
    for i=1:24
        mes(j,i)=v(n);
        n=n+1;
    end
end
    for i=1:24;
        M(i)=mean(mes(:,i));
    end
end
```

APNÊNDICE IV: Código de leitura de dados.

```
s = daq.createSession('ni');
s.addAnalogInputChannel('Dev1', 0, 'Voltage');
s.Rate = R;          %numero de dados por segundo
s.DurationInSeconds = T;  %Tempo de aquisição de dados


for i=1:1000;

    [data time]=s.inputSingleScan;

    t(i)=time;
    v(i)=data(:,1);
    v1(i)=((data(:,1)-2.5)) %5.56)-13.9);
    v2(i)=data(:,1)*4.67;
    v3(i)=data(:,3);
    v4(i)=data(:,4);
    %t(i+1)=t(i);
    figure(1)
    hold on
    plot(i, v1(i),'r.', 'LineWidth', 3);
    plot(i,v2(i),'k.', 'LineWidth',3);
    plot(i,v(i),'b.', 'LineWidth',3);
    plot(i,v4(i),'g.', 'LineWidth',3);
end
```

ANEXOS

ANEXOS I.– Weather Hawk: Estação Meteorológica.

WeatherHawk™

Weather Station for Home Weather, Education, Home Automation, Recreational, Environmental, and Industrial Applications

The WeatherHawk weather station is designed for easy installation and use by consumers, educators, students, and resource managers. WeatherHawk is ideal for applications where ease of installation and use are key factors. WeatherHawk is preprogrammed to provide simple meteorological data, including the complex calculation of ETo (evapotranspiration) typically used for landscape and crop management. WeatherHawk also conforms to many existing home automation protocols.

The WeatherHawk weather station uses Internet-compatible Virtual Weather Station software. It is supplied fully assembled. The assembly includes meteorological sensors, and a protective case that houses the on-board microprocessor, rechargeable battery pack and spread spectrum radio transceiver. The battery is recharged via AC power or a solar panel. The WeatherHawk weather station and solar panel are easily attached to a 1¾" to 2" O.D. pole (optional or user-supplied).

The WeatherHawk on-board microprocessor automatically measures the sensors, then stores the data in an on-board data logger before transmitting the data to a user-supplied remote PC. A spread spectrum radio is supplied to connect to the PC and receive transmissions from the WeatherHawk weather station. With typical line-of-sight conditions the WeatherHawk spread spectrum radio can transmit over distances of up to one-half a mile.

WeatherHawk provides real-time weather measurements and calculates ET_o on an hourly and daily basis.

User installation is as simple as 1-2-3-4:

1-Remove the WeatherHawk from the shipping box (no assembly required).

2-Install the WeatherHawk and solar panel on the user-supplied pole.

3-Attach the RF400 Spread Spectrum Radio to a serial port on the user-supplied Host PC.

4-Install Virtual Weather Software and turn on the WeatherHawk weather station switch.

Within minutes, a typical user can begin monitoring weather information directly on the Host PC, and remotely over the Internet.

WeatherHawk measures:

- Air Temperature
- Relative Humidity
- Barometric Pressure
- Rainfall
- Solar Radiation
- Wind Direction
- Wind Speed

WeatherHawk calculates:

ETo using the Industry Standard (ASCE Standardized reference)

WeatherHawk Virtual Weather Station software is:

- PC compatible with 32-bit Windows operating system
- Internet compatible with optional Internet edition software upgrade (requires an ISP provided Internet connection to the Host PC)

Virtual Weather Station Software calculates:

- Heat Index
- Dew Point
- Wind Chill

Buy on-line at: www.weatherhawk.com

WeatherHawk™

Specifications

WeatherHawk 232: serial data (wired) communications

WeatherHawk 916: on-board 916 MHz spread spectrum radio communications, US/Canada

WeatherHawk 922: on-board 922 MHz spread spectrum radio communications, Australia/Israel

WeatherHawk 240: on-board 2.4 GHz spread spectrum radio communications, worldwide

Weather Station

Temperature Range: -40° to +122°F (-40° to +50°C)

Storage:	128 kbytes of nonvolatile Flash RAM (~32,000 data points)
Power Requirements:	16 to 22 Vdc
Radio Type:	Spread Spectrum
Frequencies:	916 MHz (WeatherHawk 916) 922 MHz (WeatherHawk 922) 2.4 GHz (WeatherHawk 240)

PC Wireless Radio—Campbell Scientific RF400

Radio Type:	Spread Spectrum
Frequencies:	916 MHz (WeatherHawk 916) 922 MHz (WeatherHawk 922) 2.4 GHz (WeatherHawk 240)
I/O Data Rate:	9600 bps
Average Current Drain:	<1 mA stand-by (power-saving options used), 24 mA receiving, <75 mA transmitting

Power Supply (optional)

Battery:	On-board, 0.8 Ahr lead-acid
Solar Panel:	1.6 W or 5 W

Antenna

Description:	Omnidirectional, ¼ wave, whip (fully enclosed in weatherproof housing)
Gain:	0 dBd
Transmission Range:	½ mile (0.8 km) line of sight

Sensors

Air Temperature

Sensor:	Thermistor
Operating Range:	-40° to +122°F (-40° to +50°C); 0 to 100% RH
Temperature Accuracy:	±0.9°F (±0.5°C)
Temperature Interchangeability:	±0.36°F (±0.2°C)

Relative Humidity

Sensor:	Precision, temperature corrected, bulk polymer
RH Accuracy:	±5% for 90% to 100% RH; ±3% for 10% to 95% RH

Barometric Pressure

Sensor:	Piezoresistive transducer
Range:	15 to 115 kPa (4.43 to 33.96 inches of Mercury)
Accuracy:	< ±1.5% of Full Scale Reading ±1.5 kPa (0° to +85°C) ±0.443 Hg

Rain Gauge

Sensor:	Tipping bucket
Orifice:	7.75 in^2 (50 cm^2)
Resolution:	0.04" (1 mm)

Note: Optional high accuracy (0.01"/tip), external tipping bucket available

Solar Radiation

Sensor:	Silicon pyranometer
Spectral Range:	300 to 1100 nm
Accuracy:	±2.5%
Output:	~0.25 mV per W m^{-2}
Operational Range:	0 to 2000 W m^{-2}
Temperature Range:	-40° to +130°F (-40° to +55°C)

Wind Direction

Sensor:	Vane
Range:	360° mechanical, 352° electrical
Linearity:	1%
Sensitivity:	~1 m s^{-1} (2.2 mph)

Wind Speed

Sensor:	Cup anemometer
Starting Threshold:	0.78 m s^{-1} (1.75 mph)

WeatherHawk™

815 W. 1800 North, Logan, Utah 84321-1784 •
(866) 670-5982 (Toll free in USA) • (435) 670-5982 (International)
(435) 750-1749 (FAX) • EMAIL sales@weatherhawk.com

ANEXOS II.– Painel Fotovoltaico.

KYOCERA

INSTALLATION MANUAL

FOR THE

KD135SX-UPU,KD140SX-UPU

OF

SOLAR PHOTOVOLTAIC POWER MODULES

Please read this manual carefully before installing the modules.

KYOCERA

6C-209365

1. INTRODUCTION

As the world leader in development and application of high technology ceramic/silica materials, Kyocera offers a wide range of highly efficient and reliable crystalline silicon solar photovoltaic (PV) power modules. Kyocera began to extensively research PV technology in 1975 and commenced manufacturing operations in 1978. Since then, Kyocera has supplied millions of cells and modules throughout the world. With years of experience and state-of-the-art technology, Kyocera provides the highest quality PV power modules in a range of sizes designed to meet the requirements of the most demanding energy and power users worldwide.

2. POWER MODULES

Kyocera PV power modules consist of a series of electrically interconnected crystalline silicon solar cells, which are permanently laminated within a pottant and encapsulated between a tempered glass cover plate and a back sheet. The entire laminate is secured within an anodized aluminum frame for structural strength, ease of installation, and to protect the cells from the most severe environmental conditions.

3. APPLICATIONS

Kyocera PV modules are a reliable, virtually maintenance-free direct current (DC) power source, designed to operate at the highest level of efficiency. Kyocera PV modules are ideal to remote homes, recreational vehicles, water pumps, telecommunication systems and many other applications either with or without using storage batteries.

4. WARNINGS & SAFETY

PV modules generate electricity when exposed to light. Arrays of many modules can cause lethal shock and burn hazards. Only authorized and trained personnel should have access to these modules. To reduce the risk of electrical shock or burns, PV modules may be covered with an opaque material during installation. Do not touch live terminals with bare hands. Use insulated tools for electrical connections. Do not use these PV modules for solar concentration.

WARNING

"SUITABLE FOR USE IN CLASS I, DIVISION 2, GROUPS A, B, C AND D HAZARDOUS LOCATIONS, OR NONHAZARDOUS LOCATIONS ONLY."

"WARNING - EXPLOSION HAZARD - DO NOT DISCONNECT EQUIPMENT WHILE THE CIRCUIT IS LIVE OR UNLESS THE AREA IS KNOWN TO BE FREE OF IGNITABLE CONCENTRATIONS."

"WARNING - EXPLOSION HAZARD - SUBSTITUTION OF ANY COMPONENT MAY IMPAIR SUITABILITY FOR CLASS I, DIVISION 2."

PERMIT

- Before installing your PV system, contact local authorities to determine the necessary permitting, installation and inspection requirements.

INSTALLATION AND OPERATION

- Systems should be installed by qualified personnel only. The system involves electricity, and can be dangerous if the personnel are not familiar with the appropriate safety procedures.
- **Do not step on a PV module.**
- Although Kyocera PV modules are quite durable, the glass can be broken (and PV module will no longer work properly) if it is dropped or hit by tools or other objects.
- PV module frame is made of anodized aluminum, and therefore corrosion can occur if PV module is subject to a salt-water environment and is in contact with another type of metal (electrolytic corrosion). If required, PVC or stainless steel washers can be placed between PV module frame and support structure to prevent this type of corrosion.
- KD series module frames must be attached to a support structure by one of the methods described in Section 7, Installing KD series modules.
- Module support structures to be used to support PV modules should be wind rated and approved by the appropriate local and civil codes prior to installation.
- Do not expose the back of PV module to direct sunlight.
- In Canada installation shall be in accordance with CSA C22.1, Safety Standard for Electrical Installations, Canadian Electrical Code, Part 1.

FIRE RATING

- In case of roof installation, PV module assembly shall be mounted on a fire resistant roof covering rated for the application. KD series modules are comprised of a glass front surface, polyethylene terephthalate (PET) back sheet with a Class C fire rating.

GROUNDING

- Refer to "Grounding" section.

BATTERY

- When PV modules are used to charge batteries, the battery must be installed in a manner which will ensure the performance of the system and the safety of its users. **Follow the battery manufacturer's safety guidelines concerning installation, operation and maintenance recommendations**. In general, the battery (or battery bank) should be kept away from people and animals. Select a battery site that is protected from sunlight, rain, snow, debris, and is well ventilated. Most batteries generate hydrogen gas when charging, which can be explosive. Do not light matches or create sparks near the battery bank. When a battery is installed outdoors, it should be placed in an insulated and ventilated battery case specifically designed for this purpose.

5. SITE SELECTION

In most applications, Kyocera modules should be installed in a location where they will receive maximum sunlight throughout the year. In the Northern Hemisphere, the modules should typically face south, and in the Southern Hemisphere, the modules should typically face north. Modules facing 30 degrees away from true South (or North) will lose approximately 10 to 15 percent of their power output. If the module faces 60 degrees away from true South (or North), the power loss will be 20 to 30 percent. When choosing a site, avoid trees, buildings or obstructions which could cast shadows on PV modules especially during winter season when the arc of the sun is lowest over the horizon.

6. MODULE TILT ANGLE

Kyocera modules produce bigger power when they are pointed directly at the sun. For stand alone installations PV modules should be tilted for optimum winter performance. As a general rule, if the system power production is adequate in the winter, it will be satisfactory during the rest of the year. PV module tilt angle is measured between PV modules and the ground. Refer to the recommended module tilt angle table for your site.

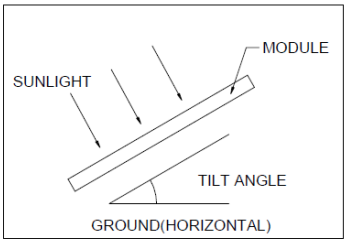


Figure 1. Module Tilt Angle

Table 1. Recommended Tilt Angles for Stand Alone Fixed Systems - Based on Winter Performance

SITE LATITUDE IN DEGREES	FIXED TILT ANGLE
0° TO 15	15°
15° TO 25°	SAME AS LATITUDE
25° TO 30°	LATITUDE + 5°
30° TO 35°	LATITUDE + 10°
35° TO 40°	LATITUDE + 15°
40° +	LATITUDE + 20°

For grid tie installations where the solar modules are attached to a permanent structure, PV modules should be tilted at an angle equal to the site's latitude. This will typically result in the highest annual energy output.

7. INSTALLING KD SERIES MODULES

The minimum spacing of 50mm (2") is required between PV module and the mounting surface around the perimeter of PV module. The frame of each PV module has 9mm (0.35") diameter mounting holes (Refer to Module Mounting Specifications). These are used for fixing PV modules to the supporting structure. PV module frames must be attached to a support structure using M8 (5/16") stainless steel screw in a minimum of four (4) places symmetrical on PV module. The stainless steel screw used for fixing the module frame should secure with an adequate torque. (usually, 19 N-m (14 ft-lb).) An example of a ground mounted structure is shown in Figure 2. The four holes close to the corners of the module are most often used for installation. Refer to the Mounting Specifications for the position of these holes. Clearance between PV module frame and the mounting surface may be required to prevent the junction box from touching the surface, and to circulate cooling air around the back of PV module. Spacing between PV modules must be a minimum of 1/8" (3.2 mm) to allow for thermal expansion. If the modules are to be installed on the roof or wall of a building, the stand-off method or the rack method is recommended.

STAND-OFF METHOD: PV modules are supported parallel to the surface of the building wall or roof. Clearance between PV module frames and surface of the wall or roof is required to prevent PV module and / or wiring from damage.
The recommended stand-off height is 4.5" (about 115 mm). If other mounting means are employed, this may affect the Listing For Fire Class Ratings.

RACK METHOD: The supporting frame is used to mount PV modules at correct tilt angles. PV modules specified in this installation manual are not designed for Building Integrated Photovoltaic (B.I.P.V) application as part of a roof or wall. The mounting design may have an impact on the fire resistance.

OTHER: Other method(s) certified by a registered professional engineer, and in compliance with local codes.

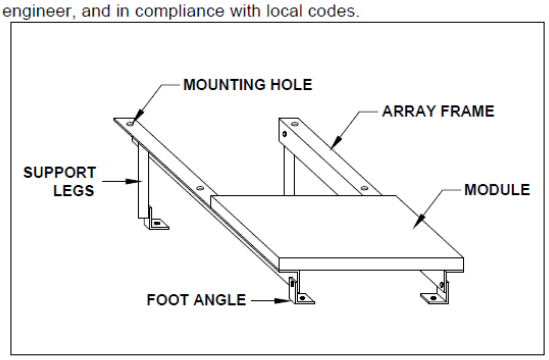


Figure 2. Basic Rack or Stand-off Mounting Structure

8. MODULE WIRING

As shown in Figure 3 Standard Wiring Examples, Kyocera PV modules utilize the Type "IM" junction box (see J-box details). This junction box, located on the back side of the module, is weatherproof and is designed to be used with standard wiring or conduit connections. A cable clamp with a minimum rating of IP65 must be used to maintain the weatherproof integrity of the junction box. Bypass diodes are preinstalled at factory.

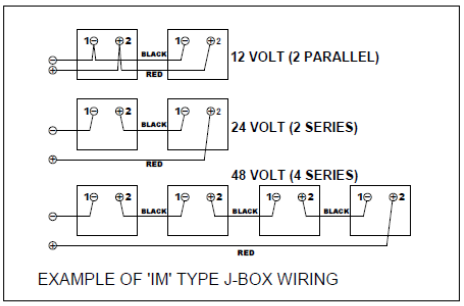


Figure 3. Standard Wiring Examples

To wire Kyocera PV modules:

A. Determine the nominal system array voltage of your system. Each panel is equivalent to a 12 VDC nominal block. Standard array voltages 12, 24 and 48 volt are shown as examples in Figure 3.
B. Open the "IM" box cover by loosening the screws in the cover.
C. The wire used to interconnect PV modules may be single or two conductors, from 14AWG (2.08 mm^2) up to 10AWG (5.26 mm^2) gauge stranded copper wire, in a "SUNLIGHT RESISTANT" and insulated for 90℃ minimum jacket cable. This cable is suitable for applications where wiring is exposed to the direct rays of the sun. The maximum and minimum outer diameters of the cable that may be used with the cable connector are 8 mm and 6 mm respectively (Figure 4).
D. Using a flat blade screw driver, remove only the appropriate "KNOCK-OUTS" from the sides of the "IM" box.
E. Route wires through the knock-outs and clamps refer to installation example (see Figure 5).
F. Gently hand tighten the terminal screws with cross slot (Phillips -head) screwdriver. Do not over tighten, as the terminal can be damaged.
(Recommendation Torque : 1.5N-m (13.3 in-lb)
G. The output wiring from the final module is generally run to a separate array junction box. In commercial system, this wiring from the array box to the next component (i.e. fuse box. or charge regulator, etc.) is generally run in conduit. The maximum electrical rating of an acceptable series fuse is 15 amperes.
H. After checking that PV module wiring is correct, close all the junction boxes. Use a Phillips head screw driver to secure all screws on the junction box cover to ensure a waterproof seal.
I. Refer to the cable clamp specifications for KD135SX-UPU and KD140SX-UPU.
Refer to below for a cable clamp of our designation.
(Manufacturer / Part Number)
Cable Gland : LAPP / S2212 (NPT-1/2")
Nut : LAPP / 911371K (NPT-1/2")

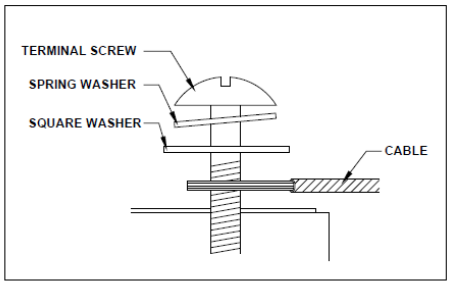


Figure 4. Ring or Spade Terminal Connectors

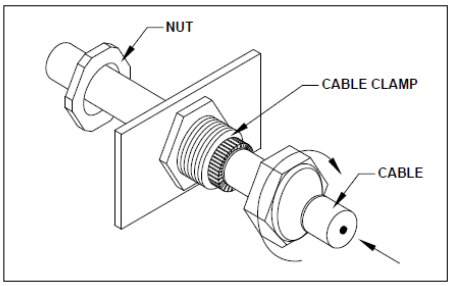


Figure 5. Installation Example of Cable Clamp

NOTE: MAXIMUM SYSTEM VOLTAGE 600VDC.

KD series modules and most PV system components have a maximum system voltage rating of 600 volts DC. Some grid-tie systems operate at or near this voltage rating. Like other polycrystalline solar modules, the open circuit voltage of the KD series module increases as the ambient temperature decreases. Maximum System voltage is computed as the sum of the open-circuit voltage of the series-connected PV modules for the lowest expected ambient temperature. Refer to the National Electrical Code Article 690-7(a) for determining the maximum number of KD series modules that can be placed in series. Temperature coefficients, specific to the module of use, can be used to provide the most accurate prediction of module voltage under temperature extremes.

NOTE: Install the maximum number of series connection for the KD series PV modules so that the system voltage is less than 600V.

NOTE: In normal conditions, PV modules may produce bigger current and/or voltage than reported in the standard test conditions. Therefore, when voltage evaluations for components, capacity of conductors, size of fuses, and size of control systems connected to the module output are determined, multiply the values of short- circuit current (Isc) and open-circuit voltage (Voc) that are marked in KD series modules by the factor of 1.25. Refer to Section 690-8 of the National Electrical Code for an additional multiplying factor of 1.25 which may also be applicable.

9. GROUNDING

Before installation, contact the local code authorities to determine the necessary grounding requirements. Attach all PV module frames to an earth ground in accordance with the National Electric Code (NEC) Article 250. Proper grounding is achieved by connecting PV module frames and all metallic structural members contiguously to one another using a suitable grounding conductor. The grounding conductor shall be of copper, copper alloy or another material suitable for use as an electrical conductor per NEC. The grounding conductor must then make a connection to earth using a suitable earth grounding electrode. Ensure positive electrical contact through the anodizing on PV module frame extrusion by utilizing one of the following methods. Attach the grounding conductor:

(1)to one of the 9mm (0.35") diameter holes marked "ground" using 5/16" stainless steel hardware. Wrap conductor around bolt. Tighten the screws with adequate torque (usually 132 in-lb). Avoid direct contact of copper ground conductor to aluminum frame.

(2)to a ground lug (manufacture : ILSCO, model : GBL-4DBT). Tighten the screws with adequate torque (usually 62 in-lb). Use #10-32 stainless steel hardware to attach the lug to the module frame by the torque of 40 in-lb. A stainless steel star washer, positioned between the lug and the anodized surface of the frame, must be employed to break through the anodized layer of the frame extrusion and electrically connect the ground lug to the conducting aluminum frame material.

As a general rule, avoid *direct* contact of copper or copper alloyed ground conductors with the aluminum module frame.

All ground bond securing hardware in contact with either the aluminum module frame and/ or copper or copper alloy ground conductors must be stainless steel.

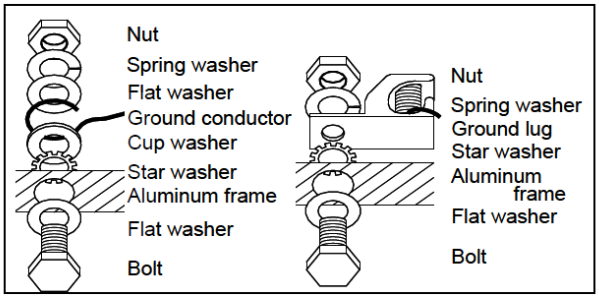


Figure 6. Installation Example of Grounding

10. BLOCKING DIODES

In systems utilizing a battery, blocking diodes are typically placed between the battery and PV module output to prevent battery from discharging at night. Kyocera PV modules are made of polycrystalline cells with high electrical "back flow" resistance to nighttime battery discharging. As a result, Kyocera PV modules do not contain a blocking diode when shipped from the factory. Most PV charge regulators and inverter incorporate nighttime disconnect feature, however.

11. BYPASS DIODES

Partial shading of an individual module in a source circuit string (i.e. two or more modules connected in series) can cause a reverse voltage across the shaded cells within the module. Module output current is then forced through the shaded area by the remaining illuminated cells and other PV modules in series with the partially shaded module(s). The current forced through the shaded cells within PV module (or modules) causes additional module heating and severe loss of power. The purpose of bypass diodes is to provide a low-resistance current path around the shaded cells, thereby minimizing PV module heating and array current losses.

PV modules employ bypass diodes that have:

- Rated Average Forward Current [$I_{F(AV)}$] **Above** maximum system current at highest PV module operating temperature.
- Rated Repetitive Peak Reverse Voltage [V_{RRM}] **Above** maximum system voltage at lowest PV module operating temperature.

12. MAINTENANCE

Kyocera PV modules are designed for long life and require very little maintenance. Under most weather conditions, normal rainfall is sufficient to keep the module glass surface clean. If dirt build-up becomes excessive, clean the glass surface only with a soft cloth using mild detergent and water. USE CAUTION WHEN CLEANING THE BACK SURFACE OF PV MODULE TO AVOID PENETRATING THE BACK SHEET. PV modules that are mounted flat (0° tilt angle) should be cleaned more often, as they will not "self clean" as effectively as modules mounted at a 15° tilt or greater. Once a year, check the tightness of terminal screws and the general condition of the wiring. Also, check to be sure that mounting hardware is tight. Loose connections may result in a damaged PV module or array.

13. SPECIFICATIONS

Under certain conditions, a photovoltaic module may produce more voltage and current than reported at Standard Test Conditions (STC). Refer to Section 690 of the National Electrical Code for guidance in series string sizing and choosing overcurrent protection.

Table.2 Kyocera KD Series Module Specification

Electrical Characteristics : @ STC		
Model Type	KD135SX-UPU	KD140SX-UPU
Rated Power, Watts (Pmax) (W)	135 ±5%	140 ±5%
Open Circuit Voltage (Voc) (V)	22.1	22.1
Short Circuit Current (Isc) (A)	8.37	8.68
Voltage at Load (Vpm) (V)	17.7	17.7
Current at Load (Ipm) (A)	7.63	7.91
Maximum System Voltage	600	600
Recommended maximum number of PV modules connected in series	21	21
Factory installed Bypass Diode (Qty)	8	8
Series Fuse Rating (A)	15	15
Thermal Characteristics :		
Temp. Coefficient of Voc (V / ℃)	-0.80×10^{-1}	-0.80×10^{-1}
Temp. Coefficient of Isc (A / ℃)	5.02×10^{-3}	5.21×10^{-3}
Temp. Coefficient of Vpm (V / ℃)	-9.20×10^{-2}	-9.22×10^{-2}
Physical Characteristics :		
Length, Inches (mm)	59.1 (1500)	
Width, Inches (mm)	26.3 (668)	
Depth (frame), Inches (mm)	1.81 (46)	
Depth (including j-box), Inches (mm)	–	
Weight Pounds (kg)	27.6 (12.5)	
Mounting Hole Diameter, Inches (mm)	0.35 (9) Qty-4pcs	
Grounding Hole Diameter, Inches (mm)	0.35 (9) Qty-4pcs	
Application Class	Class A	

NOTES

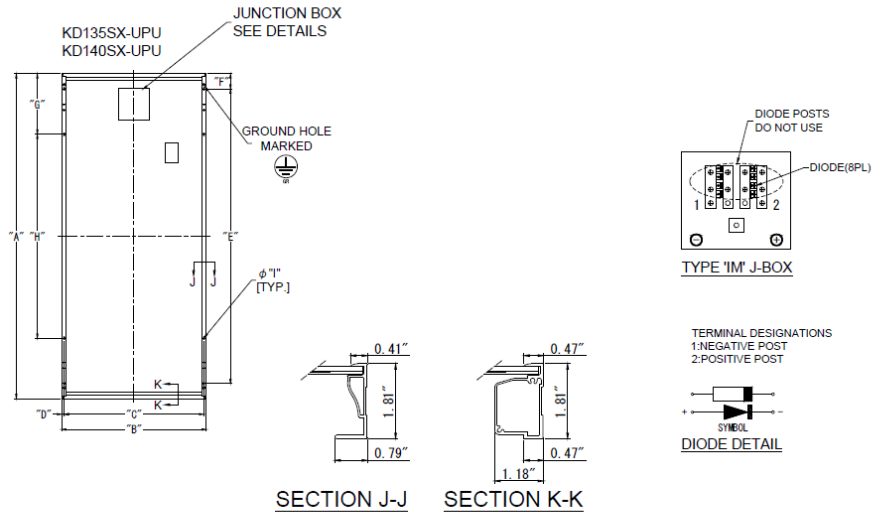
(1) Standard Test Conditions of irradiance of 1000 W/m^2, spectrum of air mass 1.5, and cell temperature of 25 deg C.

(2) See module drawing for mounting and grounding hole locations.

(3) Tolerance of Voc and Isc is +/-10%.

MODULE DRAWING

MODULE DIMENSIONS										
MODULE TYPE	DIM.A	DIM.B	DIM.C	DIM.D	DIM.E	DIM.F	DIM.G	DIM.H	DIM.I	J-BOX TYPE
KD135SX-UPU,KD140SX-UPU	59.1″	26.3″	25.3″	0.49″	53.5″	2.76″	11.0″	37.1″	0.35″	IM



KYOCERA Solar Group Sales Office

■ KYOCERA Corporation
Corporate Solar Energy Group
6 Takeda Tobadono-cho Fushimi-ku, Kyoto 612-8501, Japan
Phone : 81-75-604-3476
Fax : 81-75-604-3475
http://www.kyocera.com/

■ KYOCERA Solar, Inc.
7812 East Acoma Drive, Scottsdale, AZ 85260, U.S.A.
Phone : 1-480-948-8003 or 1-800-223-9580
Fax : 1-480-483-6431
http://www.kyocerasolar.com/

■ KYOCERA Solar Pty Ltd.
Level 3, 6-10 Talavera Road,
North Ryde NSW 2113, Australia
Phone : 61-2-9870-3946
Fax : 61-2-9888-9673
http://www.kyocerasolar.com.au/

■ KYOCERA Solar do Brasil Ltda.
Av.das Americas, 20007 – Bloco 2 – Salas (rooms) 105 to 108,
Rio de Janeiro, 22790-851, Brazil
Phone : 55-21-3724-3900
Fax : 55-21-3724-3911
http://www.kyocerasolar.com.br/

■ KYOCERA Fineceramics GmbH
Fritz-Mueller-Strasse 27, 73730 Esslingen, Germany
Phone : 49-711-93934-999
Fax : 49-711-93934-950
http://www.kyocerasolar.de/

■ KYOCERA Asia Pacific Pte. Ltd.
298 Tiong Bahru Road, #13-03/05 Central Plaza,
168730, Singapore
Phone : 65-6271-0500
Fax : 65-6271-0600
http://www.kyocera.com.sg/

■ KYOCERA Asia Pacific Ltd.
Room 801-802, Tower 1 , South Seas Centre,
75 Mody Road, Tsimshatsui East, Kowloon, Hong Kong
Phone : 852-2723-7183
Fax : 852-2724-4501

■ KYOCERA Asia Pacific Pte. Ltd. Taipei Branch
10 Fl., No.66, Nanking West Road, Taipei, Taiwan
Phone: 886-2-2555-3609
Fax: 886-2-2559-4131

■ KYOCERA (Tianjin) Sales & Trading Corporation
Room 1509, Tower A, Gemdale Plaza, No. 91, Jianguo
Road, Chaoyang District, Beijing, 100022, China
Phone : 86-10-8528-8838
Fax : 86-10-8528-8839
http://www.kyocera.com.cn/

■ KYOCERA Korea Co., Ltd.
Diplomatic Center Room # 406, 1376-1
Seocho-2Dong, Seocho-Ku, Seoul, 137-072,Korea
Phone: 82-2-3463-3538
Fax: 82-2-3463-3539
http://www.kyocera.co.kr/

ANEXOS III.- Aerogerador (Principais características).

Greatwatt www.greatwatt.com

3.1 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

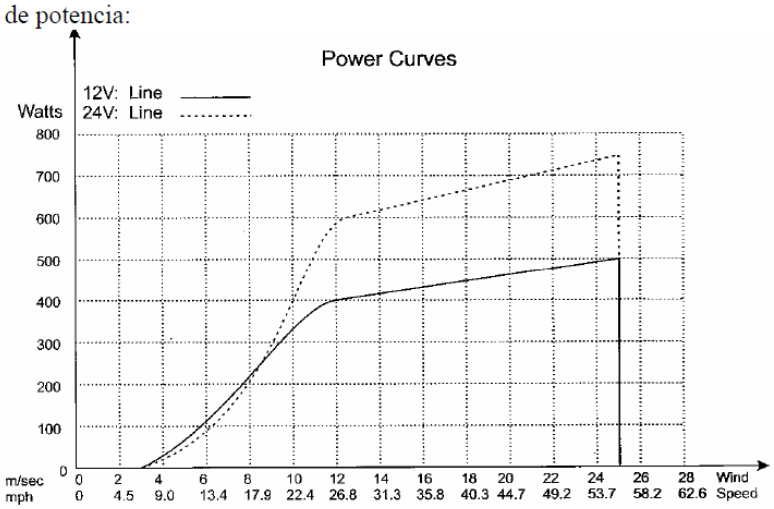
Configuration	3 blades, upwind	
Rotor Diameter	46.9 inches (1.191 meters)	
Net Weight	13.9 lb. (6.3Kg)	
High-speed control	Hysteresis Braking (slowdown)	
Over-speed Protection	Hysteresis Braking (shut down)	
Electrical Voltage	DC 12V / DC 24V (Voltage Smart Change)	
	12V	**24V**
Rated Power	400Watts	**600Watts**
Max Power	550Watts	**750Watts**
Start up wind speed	3m/sec (6.7 mph)	
Start Charging wind speed	2.5m/sec (5.6 mph)	
Rated wind speed	12.5m/sec (28 mph)	
Incision wind speed	25m/sec (56 mph)	
Survival wind speed	60m/sec (134mph)	

REMARK:
1m/sec = 2.237mph
1mph = 0.4477m/sec

3.2 ESPECIFICACIONES DE TRABAJO.

Puede usar esta fórmula para calcular la potencia en watios: Potencia= Voltaje(voltios)* Intensidad(amperios)

Curva de potencia:

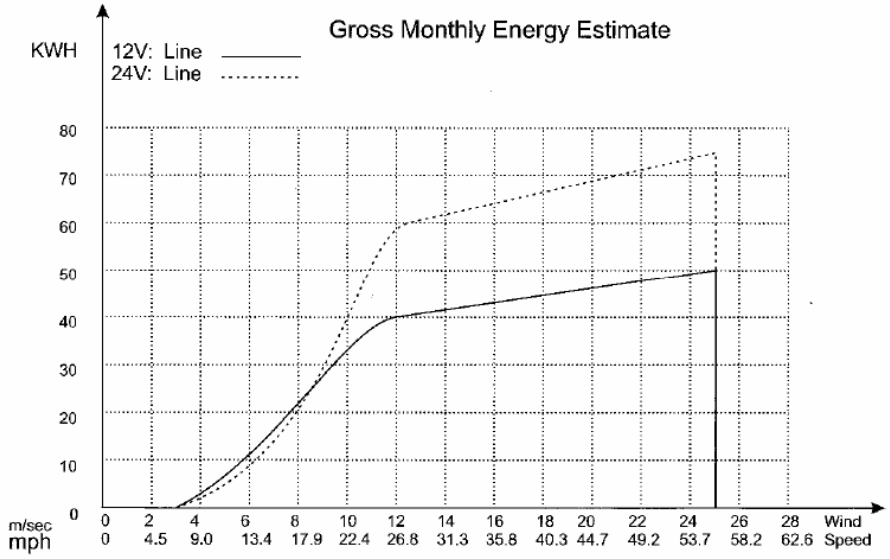


Cuando el voltaje del aerogenerador sobrepase el voltaje de la batería, la corriente empieza a fluir, cuanto mayor es la diferencia en el voltaje mayor es la intensidad que entra en la batería. Con la misma velocidad del viento, el voltaje de la batería es más bajo, y la corriente es mayor.

NOTA: Debería esperar que las pruebas se correspondan con la curva mostrada arriba.

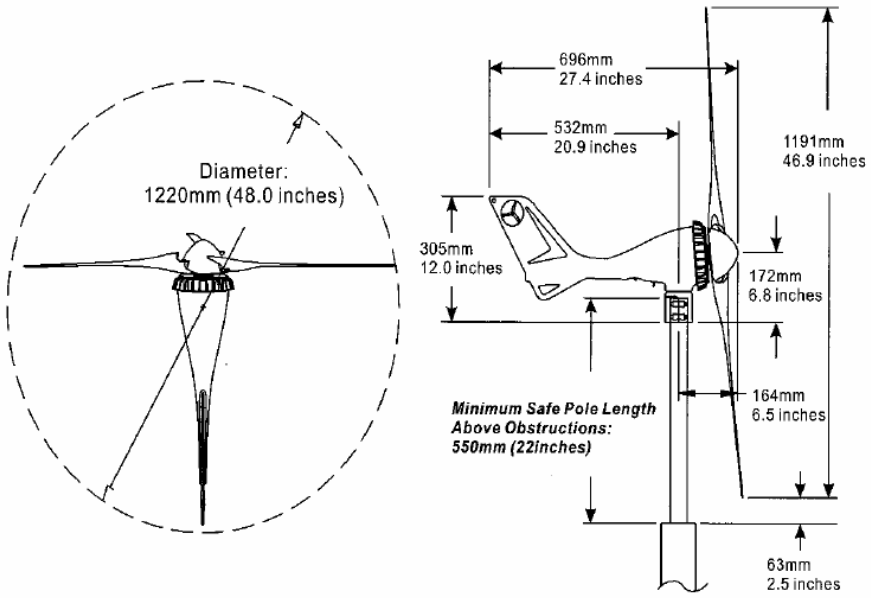
Greatwatt www.greatwatt.com

Estimación de Energía Bruta

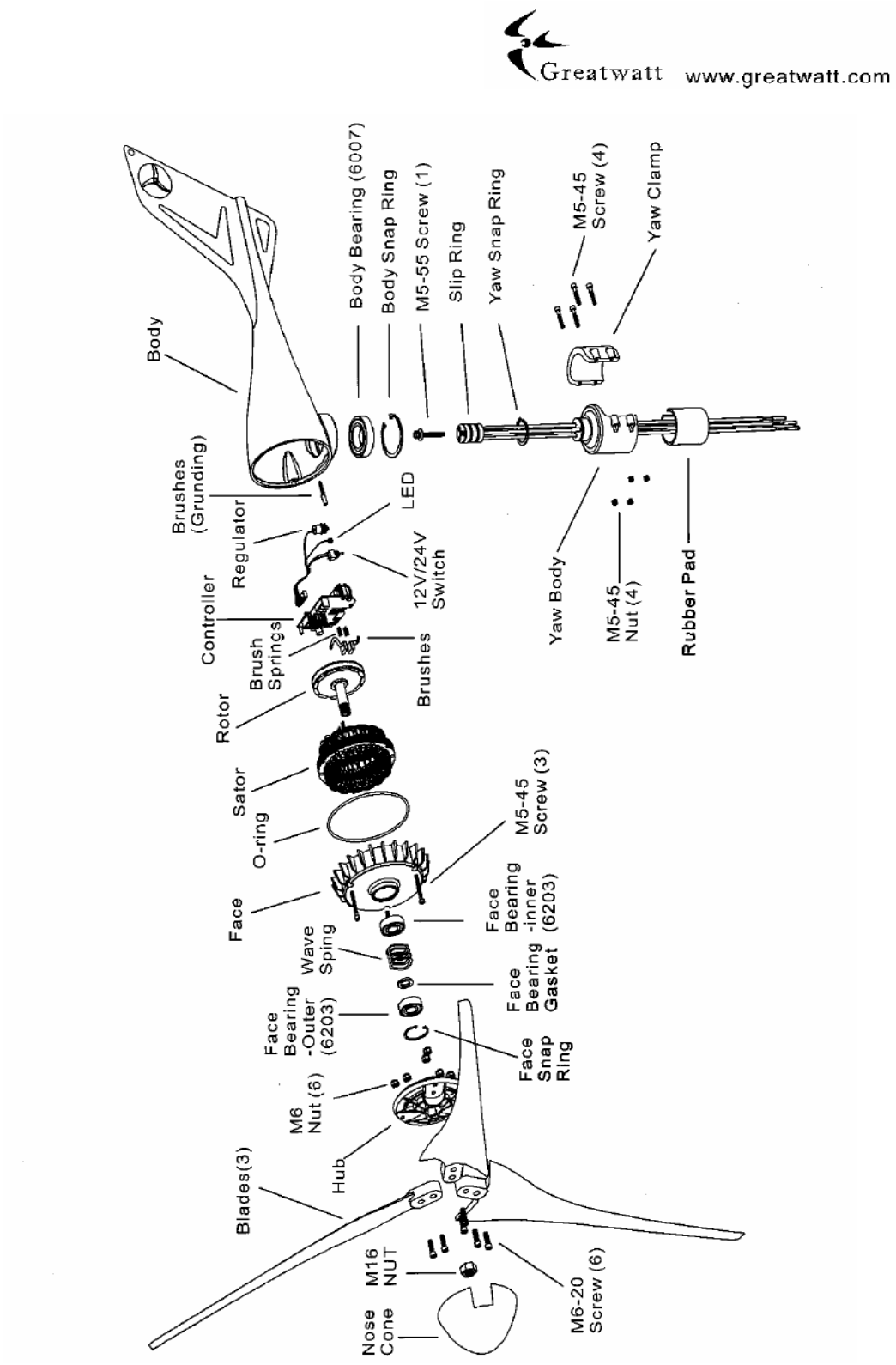


Los cálculos de Energía fueron hechos con distribuciones de velocidades de viento estadísticamente estándar (Distribución Rayleigh, k=2)

3.3 AMBITO DE OPERACIÓN



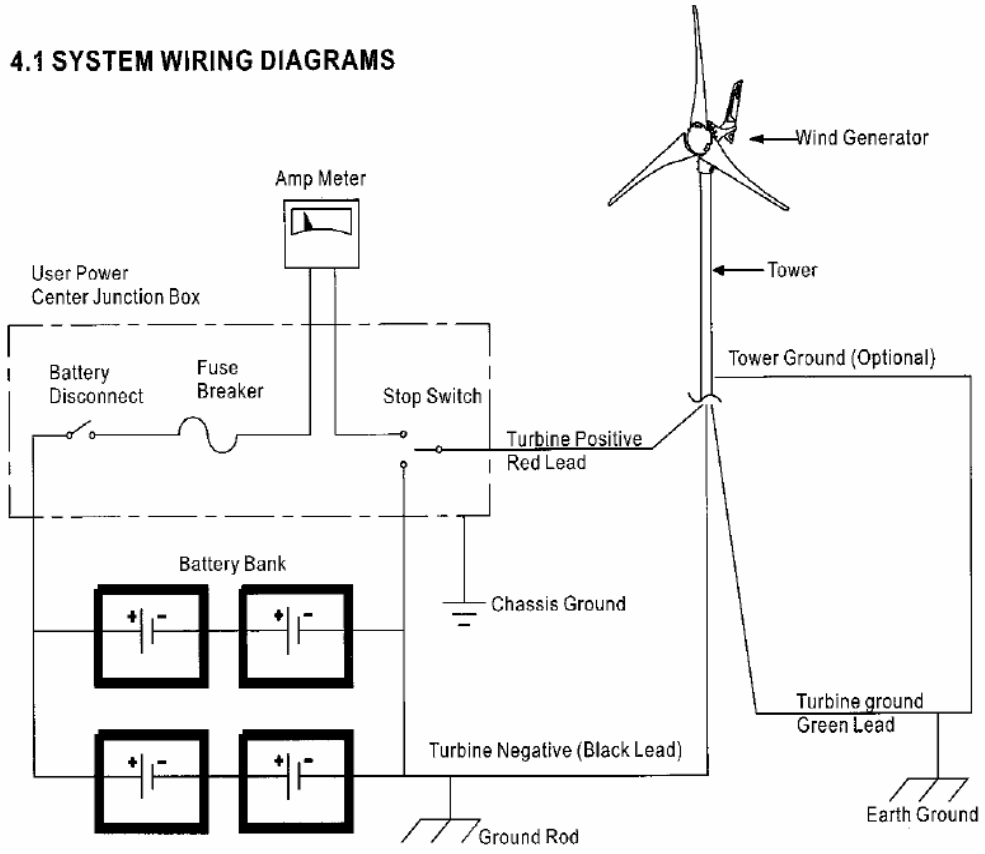
3.4 DESPIECE



4. SISTEMA ELÉCTRICO

Greatwatt www.greatwatt.com

4.1 DIAGRAMAS DE CABLEADO DEL SISTEMA



Voltajes superiores de entrada de aerogeneradores, paneles solales, generadores de combustible adicionales, etc, pueden engañar al controlador del aerogenerador haciendo sentir que la batería está completamente cargada, con lo que el controlador parará de cargar prematuramente. Ello no dañará el aerogenerador, sólo causará retardamiento o detención del giro. Por favor, desconecte las otras fuentes de carga para determinar la posible interfercia.

Puede conectar el aerogenerador a través de más centros de energía. Sin embargo, si experimenta la interferencia, debe puentearlos y conectar el aerogenerador directamente al BANCO de batería a su propio conjunto de bornes de la batería. Permita al aerogenerador operar independientemente, es necesario que montorice la batería y la cargue.

PRECAUCIÓN: NO CONECTAR AEROGENERADOR POSITIVO CON BATERÍA NEGATIVA Y GENERADOR DE VIENTO NEGATIVO CON BATERÍA POSITIVA NI SIQUIERA POR UN SEGUNDO,O DAÑARÁ EL CONTROLADOR DE LOS AEROGENERADORES E INVALIDARÁ LA GARANTÍA. SI NO ESTÁ SEGURO DE LA POLARIDAD DE LAS CONEXIONES, SIMPLEMENTE GIRE EL EJE DEL ROTOR Y MIDA LA DIRECCIÓN DEL VOLTAJE CON UN VOLTÍMETRO.

NOTA: Una batería defectuosa puede crear tensiones elevadas (16-18voltios) y detener la carga del aerogenerador, Revise el estado de cada batería individual. Consulte el fabricante de la batería para probar las baterías individuales o pilas.
NOTA: Puede usar un regulador externo que debe ser del tipo de 'carga de desvío'(diversión load??), Asegúrese que el tornillo de ajuste en el aerogenerador gire siempre en sentido horario.

Greatwatt www.greatwatt.com

12V SYSTEM CONDITIONS

Each time connected to the 12V batteries The LED will slow blink four times to indicate that the controller is running properly, then off.

Connected to the 24V batteries The LED will always lighten and the blades will rotate very difficult.

OPERATING CONDITIONS	WIND SPEED (m/s)	BATTERIES VOLTAGE	CHARGE	LED	DETAIL
CLOSED CIRCUIT	0-3	Any	No	Off	Blades no spin.
	3-7	<14.1V	Yes	On	Normal charge. (Once the blades start rotate, even the wind speed drop to 2.5m/s, the Wind Generator still can charging!)
		=14.1V	No	Fast blink	Shut down completely and wait for the battery voltage to drop.
		=12.6V	Yes	On	Normal charging operation will resume.
	7-25	<14.1V	Yes	On	Normal charge.
		=14.1V	No	Fast blink	Shut down completely and wait for the battery voltage to drop.
		=12.6V	Yes	On	Normal charging operation will resume.
	>25	Any	No	Slow blink	Shut down completely for 1 minutes and then resume.
OPEN CIRCUIT	0-3	Any	No	Off	Blades no spin.
	>3			Slow blink four times each"oscillating"	Oscillating.
SHORT CIRCUIT	0-4	Any	No	Off	Blades no spin.
	>4				Shut down completely, but the blades still spin slowly.

NORMAL OPERATION: Wind generator connect to the batteries.
OPEN CIRCUIT: Wind generator disconnected from the batteries.
SHORT CIRCUIT: Wind generator negative and positive wires directly shorting or switch the Stop Switch.
"=12.6V":That means normal charging operation will resume when the battery voltage drops slightly below the fully charged level.
"**Shut down completely**": Wind generator stop charging and no power is generated, the blades will be braked by 100% brake horsepower.
In very high winds speed, the blades will spin slowly even the blades be braked by 100% brake horsepower.
"**Oscillating**": To protect the controller from high voltage conditions, the blades will be continually repeatedly the "rotate-brake-rotate" operation which look like "Oscillating". Operating in open circuit for a long period of time can cause excessive wear to the bearing and is NOT recommended.

OPERACIONES NORMALES: Aerogenerador conectado a las baterías
CIRCUITO ABIERTO: Aerogenerador desconectado de las baterías
CORTO CIRCUITO: Los cables del aerogenerador negativo y positivo directamente cortando accionando el interruptor de parada.
"=12.6V": quiere decir que las operaciones normales de carga se reanudarán cuando el voltaje de la batería caiga ligeramente por debajo del nivel máximo de carga.
"Apagado completo": El aerogenerador para de cargar y no se genera ninguna energía, las palas se frenarán en un 100% freno de caballos de vapor. Con velocidades de viento muy altas, las palas girarán despacio incluso cuando estén frenadas en el 100% de la potencia de freno en caballos de vapor
"Oscilación": Para proteger el controlador de condiciones de alto voltaje, las palas mostrarán un comportamiento continuo y repetido rotación-freno-rotación que parece que 'oscilen'. Operar en circuito abierto durante largos periodos de tiempo puede causar un desgaste excesivo y no es recomendable.

24V SYSTEM CONDITIONS					
Each time connected to the 24V batteries			The LED will slow blink four times to indicate that the controller is running properly; then off.		
Connected to the 12V batteries			You may not find any problem but will cause your batteries overcharge and disabled!		
OPERATING CONDITIONS	WIND SPEED (m/s)	BATTERIES VOLTAGE	CHARGE	LED	DETAIL
CLOSED CIRCUIT	0-3	Any	No	Off	**Blades no spin.**
	3-7	<28.2V	Yes	On	**Circle charge. (Once the blades start rotate, even the wind** speed drop to 2.5m/s, the Wind Generator still can charging!)
		=28.2V	No	Fast blink	Shut down completely and wait for the battery voltage to drop.
		=25.2V	Yes	On	Normal charging operation will resume.
	7-25	<28.2V	Yes	On	Normal charge.(Some times the blades will break down a few seconds for prevent overvoltage!)
		=28.2V	No	Fast blink	Shut down completely and wait for the battery voltage to drop.
		=25.2V	Yes	On	Normal charging operation will resume.
	>25	Any	No	Slow blink	Shut down completely for 1 minutes and then resume.
OPEN CIRCUIT	0-3	Any	No	Off	Blades no spin.
	>3			Slow blink four times each"oscillating"	Oscillating.
SHORT CIRCUIT	0-4	Any	No	Off	Blades no spin.
	>4				Shut down completely, but the blades still spin slowly.

NORMAL OPERATION: Wind generator connect to the batteries.
OPEN CIRCUIT: Wind generator disconnected from the batteries.
SHORT CIRCUIT: Wind generator negative and positive wires directly shorting or switch the Stop Switch.
"=25.2V": That means normal charging operation will resume when the battery voltage drops slightly below the fully charged level.
"**Circle charge**": The 24V system need high voltage for start to charging, we make use of a super voltage boosting technology which allows the Wind Generator to reach charging voltage at a very low wind speed(3m/s), and this charge must be circled by 3 seconds.
"**Shut down completely**": Wind Generator stop charging and no power is generated, the blades will be braked by 100% brake horsepower. In high wind speed, the blades will spin slowly even then the blades be braked by 100% brake horsepower.
"**Oscillating**": To protect the controller from high voltage conditions, the blades will be continually repeatedly the "rotare-brake-rotate" operation which look like "Oscillating". Operating in open circuit for a long period of time can cause excessive wear to the bearing and is NOT recommended.

OPERACIONES NORMALES: Aerogenerador conectado a las baterías
CIRCUITO ABIERTO: Aerogenerador desconectado de las baterías
CORTO CIRCUITO: Los cables del aerogenerador negativo y positivo directamente cortando accionando el interruptor de parada.
"=25.2V": quiere decir que las operaciones normales de carga se reanudarán cuando el voltaje de la batería caiga ligeramente por debajo del nivel máximo de carga.
'Carga circular': El sistema de 24V necesita alto voltaje para empezar a cargar, hacemos uso de la tecnología de aumento de voltaje que permite al aerogenerador alcanzar voltaje de carga a muy bajas velocidades de viento(3m/s) y esta carga debe estar circulando en 3 segundos
"Apagado completo": El aerogenerador para de cargar y no se genera ninguna energía, las palas se frenarán en un 100% freno de caballos de vapor. Con velocidades de viento muy altas, las palas girarán despacio incluso cuando estén frenadas en el 100% de la potencia de freno en caballos de vapor
"Oscilación": Para proteger el controlador de condiciones de alto voltaje, las palas mostrarán un comportamiento continuo y repetido rotación-freno-rotación que parece que 'oscilen'. Operar en circuito abierto durante largos periodos de tiempo pueden causar un desgaste excesivo y no es recomendable.

ANEXOS IV.– Controlador de Carga

---

lead

SOLAR CONTROL

CONTROLADORES ELETRÔNICOS DE CARGA E DESCARGA PARA MÓDULO GERADOR SOLAR FOTOVOLTÁICO

Os controladores fotovoltáicos SOLAR CONTROL, gerenciam eletrônicamente o sistema composto por: BATERIA / PAINEL FOTOVOLTÁICO E CARGA. Este gerenciamento protege o painel, controlando a carga e descarga da bateria. Regula a tensão enviada pelo painel durante a carga e desliga a bateria quando sua carga está baixa, evitando assim que se descarregue totalmente , o que comprometeria sua vida útil.

- Uso em baterias chumbo-ácidas.
- Controle de carga e flutuação da bateria (13,8VCC / máximo 12 , 20 E 30A).
- Controle de descarga (10,5VCC) e religamento da bateria(11,5VCC) .
- Carga e descarga com operação simultanea.
- Proteção contra curto circuito e inversão de polaridade da bateria por fusível.
- Indicações de led's para: * Fusível queimado. * Bateria invertida. * Carga na bateria. * Painel ligado. * Saída desligada * Saída ligada.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS:

Tensão de entrada:	Nominal 12VCC Módulos 14,5 a 22 VCC
Tensão da bateria:	Nominal 12VCC Carga / Flutuação 13,8 a 14,4VCC
Corrente máx de carga:	8A / 12A / 16A / 24A
Corrente máx. de saída:	8A / 12A / 16A / 24A
Tensão de desligamento:	10,5VCC
Tensão de religamento:	11,5VCC
Fusível automotivo:	15A / 25A / 30A / 40A

MODELOS

CCD0812	CCD1212	CCD1612	CCD2412
MÓDULO MÁX. 100W	MÓDULO MÁX. 180W	MÓDULO MÁX. 270W	MÓDULO MÁX. 405W
Dimensões máximas: Altura: 35mm Largura: 124mm Profundidade: 78mm	Dimensões máximas: Altura: 35mm Largura: 124mm Profundidade: 78mm	Dimensões máximas: Altura: 35mm Largura: 124mm Profundidade: 98mm	Dimensões máximas: Altura: 55mm Largura: 124mm Profundidade: 98mm

PARA OUTROS MODELOS CONSULTE

ANEXOS V.-

NATIONAL INSTRUMENTS

Technical Sales

(866) 531-6285
orders@ni.com

Requirements and Compatibility | Ordering Information | Detailed Specifications

For user manuals and dimensional drawings, visit the product page resources tab on ni.com.

Last Revised: 2014-11-06 07:14:12.0

Low-Cost, Bus-Powered Multifunction DAQ for USB

12- or 14-Bit, Up to 48 kS/s, 8 Analog Inputs

- 8 analog inputs at 12 or 14 bits, up to 48 kS/s
- 2 analog outputs at 12 bits, software-timed
- 12 TTL/CMOS digital I/O lines
- One 32-bit, 5 MHz counter
- Digital triggering
- Bus-powered
- 1-year warranty

Overview

With recent bandwidth improvements and new innovations from National Instruments, USB has evolved into a core bus of choice for measurement applications. The NI USB-6008 and USB-6009 are low-cost DAQ devices with easy screw connectivity and a small form factor. With plug-and-play USB connectivity, these devices are simple enough for quick measurements but versatile enough for more complex measurement applications.

Back to Top

Requirements and Compatibility

OS Information

- Mac OS X
- Windows 2000/XP
- Windows 7
- Windows CE
- Windows Mobile
- Windows Vista 32-bit
- Windows Vista 64-bit

Driver Information

- NI-DAQmx
- NI-DAQmx Base

Software Compatibility

- ANSI C/C++
- LabVIEW
- LabWindows/CVI
- Measurement Studio
- SignalExpress
- Visual Basic .NET
- Visual C#

Back to Top

Comparison Tables

Product	Analog Inputs	Input Resolution	Max Sampling Rate (kS/s)	Analog Outputs	Output Resolution	Output Rate (Hz)	Digital I/O Lines	32-Bit Counter	Triggering
USB-6008	8 single-ended/4 differential	12	10	2	12	150	12	1	Digital
USB-6009	8 single-ended/4 differential	14	48	2	12	150	12	1	Digital

Back to Top

Detailed Specifications

FThe following specifications are typical at 25 °C, unless otherwise noted.

Analog Input	
Converter type	Successive approximation
Analog inputs	8 single-ended, 4 differential, software selectable
Input resolution	
NI USB-6008	12 bits differential, 11 bits single-ended
NI USB-6009	14 bits differential, 13 bits single-ended
Max sampling rate (aggregate) [1]	
NI USB-6008	10 kS/s
NI USB-6009	48 kS/s
AI FIFO	512 bytes
Timing resolution	41.67 ns (24 MHz timebase)
Timing accuracy	100 ppm of actual sample rate
Input range	
Single-ended	±10 V
Differential	±20 V [2], ±10 V, ±5 V, ±4 V, ±2.5 V, ±2 V, ±1.25 V, ±1 V
Working voltage	±10 V
Input impedance	144 kΩ
Overvoltage protection	±35
Trigger source	Software or external digital trigger
System noise [3]	
Single-ended	
±10 V range	5 mVrms
Differential	
± 20 V range	5 mVrms
±1 V range	0.5 mVrms

Absolute accuracy at full scale, single-ended		
Range	Typical at 25 °C (mV)	Maximum over Temperature (mV)
±10	14.7	138

Absolute accuracy at full scale, differential [4]		
Range	Typical at 25 °C (mV)	Maximum over Temperature (mV)
±20	14.7	138
±10	7.73	84.8

Absolute accuracy at full scale, differential [4]		
Range	Typical at 25 °C (mV)	Maximum over Temperature (mV)
±5	4.28	58.4
±4	3.59	53.1
±2.5	2.56	45.1
±2	2.21	42.5
±1.25	1.70	38.9
±1	1.53	37.5

Analog Output	
Analog outputs	2
Output resolution	12 bits
Maximum update rate	150 Hz, software-timed
Output range	0 to +5 V
Output impedance	50 Ω
Output current drive	5 mA
Power-on state	0 V
Slew rate	1 V/µs
Short circuit current	50 mA
Absolute accuracy (no load)	7 mV typical, 36.4 mV maximum at full scale
Digital I/O	
Digital I/O	
P0.<0..7>	8 lines
P1.<0..3>	4 lines
Direction control	Each channel individually programmable as input or output
Output driver type	
NI USB-6008	Open collector (open-drain)
NI USB-6009	Each channel individually programmable as active drive (push-pull) or open collector (open-drain)
Compatibility	TTL, LVTTL, CMOS
Absolute maximum voltage range	–0.5 to 5.8 V with respect to GND
Pull-up resistor	4.7 kΩ to 5 V
Power-on state	Input

Digital logic levels			
Level	Min	Max	Units
Input low voltage	–0.3	0.8	V
Input high voltage	2.0	5.8	V
Input leakage current	—	50	µA
Output low voltage (I = 8.5 mA)	—	0.8	V
Output high voltage			
Active drive (push-pull), I = –8.5 mA	2.0	3.5	V
Open collector (open-drain), I = –0.6 mA, nominal	2.0	5.0	V
Open collector (open-drain), I = –8.5 mA, with external pull-up resistor	2.0	—	V

External Voltage

+5 V output (200 mA maximum)	+5 V typical, +4.85 V minimum
+2.5 V output (1 mA maximum)	+2.5 V typical
+2.5 V accuracy	0.25% max
Reference temperature drift	50 ppm/°C max
Counter	
Number of counters	1
Resolution	32 bits
Counter measurements	Edge counting (falling-edge)
Counter direction	Count up
Pull-up resistor	4.7 kΩ to 5 V
Maximum input frequency	5 MHz
Minimum high pulse width	100 ns
Minimum low pulse width	100 ns
Input high voltage	2.0 V
Input low voltage	0.8 V
Power Requirements	
USB	
4.10 to 5.25 VDC	80 mA typical, 500 mA max
USB suspend	300 µA typical, 500 µA max
Physical Characteristics	
Dimensions	
Without connectors	6.35 cm × 8.51 cm × 2.31 cm (2.50 in. × 3.35 in. × 0.91 in.)
With connectors	8.18 cm × 8.51 cm × 2.31 cm (3.22 in. × 3.35 in. × 0.91 in.)
I/O connectors	USB series B receptacle, (2) 16 position terminal block plug headers
Weight	
With connectors	84 g (3 oz)
Without connectors	54 g (1.9 oz)
Screw-terminal wiring	16 to 28 AWG
Torque for screw terminals	0.22–0.25 N · m (2.0–2.2 lb · in.)
Safety	

If you need to clean the module, wipe it with a dry towel.

Safety Voltages

Connect only voltages that are within these limits.

Channel-to-GND	±30 V max, Measurement Category I

Measurement Category I is for measurements performed on circuits not directly connected to the electrical distribution system referred to as MAINS voltage. MAINS is a hazardous live electrical supply system that powers equipment. This category is for measurements of voltages from specially protected secondary circuits. Such voltage measurements include signal levels, special equipment, limited-energy parts of equipment, circuits powered by regulated low-voltage sources, and electronics.

Caution Do not use this module for connection to signals or for measurements within Measurement Categories II, III, or IV.

Safety Standards

This product is designed to meet the requirements of the following standards of safety for electrical equipment for measurement, control, and laboratory use:

- IEC 61010-1, EN 61010-1
- UL 61010-1, CSA 61010-1

Note For UL and other safety certifications, refer to the product label or visit ni.com/certification, search by model number or product line, and click the appropriate link in the Certification column.

Hazardous Locations

The NI USB-6008/6009 device is not certified for use in hazardous locations.

Environmental

The NI USB-6008/6009 device is intended for indoor use only.

Operating temperature	
(IEC 60068-2-1 and IEC 60068-2-2)	0 to 55 °C
Operating humidity	
(IEC 60068-2-56)	5 to 95% RH, noncondensing
Maximum altitude	2,000 m (at 25 °C ambient temperature)
Storage temperature	
(IEC 60068-2-1 and IEC 60068-2-2)	–40 to 85 °C
Storage humidity	
(IEC 60068-2-56)	5 to 90% RH, noncondensing
Pollution Degree (IEC 60664)	2

Electromagnetic Compatibility

This product is designed to meet the requirements of the following standards of EMC for electrical equipment for measurement, control, and laboratory use:

- EN 61326 EMC requirements; Minimum Immunity
- EN 55011 Emissions; Group 1, Class A
- CE, C-Tick, ICES, and FCC Part 15 Emissions; Class A

Note For EMC compliance, operate this device with double-shielded cables.

CE Compliance

This product meets the essential requirements of applicable European Directives, as amended for CE marking, as follows:

- 2006/95/EC; Low-Voltage Directive (safety)
- 2004/108/EC; Electromagnetic Compatibility Directive (EMC)

Note Refer to the Declaration of Conformity (DoC) for this product for any additional regulatory compliance information. To obtain the DoC for this product, visit ni.com/certification, search by module number or product line, and click the appropriate link in the Certification column.

Environmental Management

National Instruments is committed to designing and manufacturing products in an environmentally responsible manner. NI recognizes that eliminating certain hazardous substances from our products is beneficial not only to the environment but also to NI customers.

For additional environmental information, refer to the *NI and the Environment* Web page at ni.com/environment. This page contains the environmental regulations and directives with which NI complies, as well as other environmental information not included in this document.

Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE)

EU Customers At the end of their life cycle, all products *must* be sent to a WEEE recycling center. For more information about WEEE recycling centers and National Instruments WEEE initiatives, visit ni.com/environment/weee.htm.

电子信息产品污染控制管理办法 （中国 RoHS）

中国客户 National Instruments 符合中国电子信息产品中限制使用某些有害物质指令 (RoHS)。
关于 National Instruments 中国 RoHS 合规性信息，请登录 ni.com/environment/rohs_china。
(For information about China RoHS compliance, go to ni.com/environment/rohs_china.)

[1] System dependent.

[2] ±20 V means that |AI+ – (AI–)| ≥ 20 V. However, AI+ and AI– must both be within ±10 V of GND.

[3] System noise measured at maximum sample rate.

[4] Input voltages may not exceed the working voltage range.

Back to Top

©2013 National Instruments. All rights reserved. CompactRIO, CVI, FieldPoint, LabVIEW, Measurement Studio, National Instruments, NI, ni.com, NI-DAQ, and SignalExpress are trademarks of National Instruments. The mark LabWindows is used under a license from Microsoft Corporation. Windows is a registered trademark of Microsoft Corporation in the United States and other countries. Other product and company names listed are trademarks or trade names of their respective companies. A National Instruments Alliance Partner is a business entity independent from National Instruments and has no agency, partnership, or joint-venture relationship with National Instruments.

My Profile | RSS | Privacy | Legal | Contact NI © 2014 National Instruments Corporation. All rights reserved.

ANEXOS VI.– ACS712 – Sensor de Corrente

ACS712

Fully Integrated, Hall Effect-Based Linear Current Sensor with 2.1 kVRMS Voltage Isolation and a Low-Resistance Current Conductor

Features and Benefits

- Low-noise analog signal path
- Device bandwidth is set via the new FILTER pin
- 5 µs output rise time in response to step input current
- 50 kHz bandwidth
- Total output error 1.5% at T_A = 25°C, and 4% at –40°C to 85°C
- Small footprint, low-profile SOIC8 package
- 1.2 mΩ internal conductor resistance
- 2.1 kV_{RMS} minimum isolation voltage from pins 1-4 to pins 5-8
- 5.0 V, single supply operation
- 66 to 185 mV/A output sensitivity
- Output voltage proportional to AC or DC currents
- Factory-trimmed for accuracy
- Extremely stable output offset voltage
- Nearly zero magnetic hysteresis
- Ratiometric output from supply voltage

Package: 8 pin SOIC (suffix LC)

Approximate Scale 1:1

Description

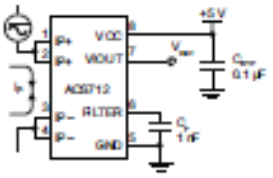
The Allegro® ACS712 provides economical and precise solutions for AC or DC current sensing in industrial, automotive, commercial, and communications systems. The device package allows for easy implementation by the customer. Typical applications include motor control, load detection and management, switched-mode power supplies, and overcurrent fault protection.

The device consists of a precise, low-offset, linear Hall sensor circuit with a copper conduction path located near the surface of the die. Applied current flowing through this copper conduction path generates a magnetic field which is sensed by the integrated Hall IC and converted into a proportional voltage. Device accuracy is optimized through the close proximity of the magnetic signal to the Hall transducer. A precise, proportional voltage is provided by the low-offset, chopper-stabilized BiCMOS Hall IC, which is programmed for accuracy after packaging.

The output of the device has a positive slope (>$V_{IOUT(Q)}$) when an increasing current flows through the primary copper conduction path (from pins 1 and 2, to pins 3 and 4), which is the path used for current sensing. The internal resistance of this conductive path is 1.2 mΩ typical, providing low power

Continued on the next page…

Typical Application



Application 1. The ACS712 outputs an analog signal, V_{OUT}, that varies linearly with the uni- or bi-directional AC or DC primary sensed current, I_P, within the range specified. C_F is recommended for noise management, with values that depend on the application.

ACS712

Fully Integrated, Hall Effect-Based Linear Current Sensor with 2.1 kVRMS Voltage Isolation and a Low-Resistance Current Conductor

Description (continued)

loss. The thickness of the copper conductor allows survival of the device at up to 5× overcurrent conditions. The terminals of the conductive path are electrically isolated from the sensor leads (pins 5 through 8). This allows the ACS712 current sensor to be used in applications requiring electrical isolation without the use of opto-isolators or other costly isolation techniques.

The ACS712 is provided in a small, surface mount SOIC8 package. The leadframe is plated with 100% matte tin, which is compatible with standard lead (Pb) free printed circuit board assembly processes. Internally, the device is Pb-free, except for flip-chip high-temperature Pb-based solder balls, currently exempt from RoHS. The device is fully calibrated prior to shipment from the factory.

Selection Guide

Part Number	Packing*	T_{OP} (°C)	Optimized Range, I_P (A)	Sensitivity, Sens (Typ) (mV/A)
ACS712ELCTR-05B-T	Tape and reel, 3000 pieces/reel	–40 to 85	±5	185
ACS712ELCTR-20A-T	Tape and reel, 3000 pieces/reel	–40 to 85	±20	100
ACS712ELCTR-30A-T	Tape and reel, 3000 pieces/reel	–40 to 85	±30	66

*Contact Allegro for additional packing options.

Absolute Maximum Ratings

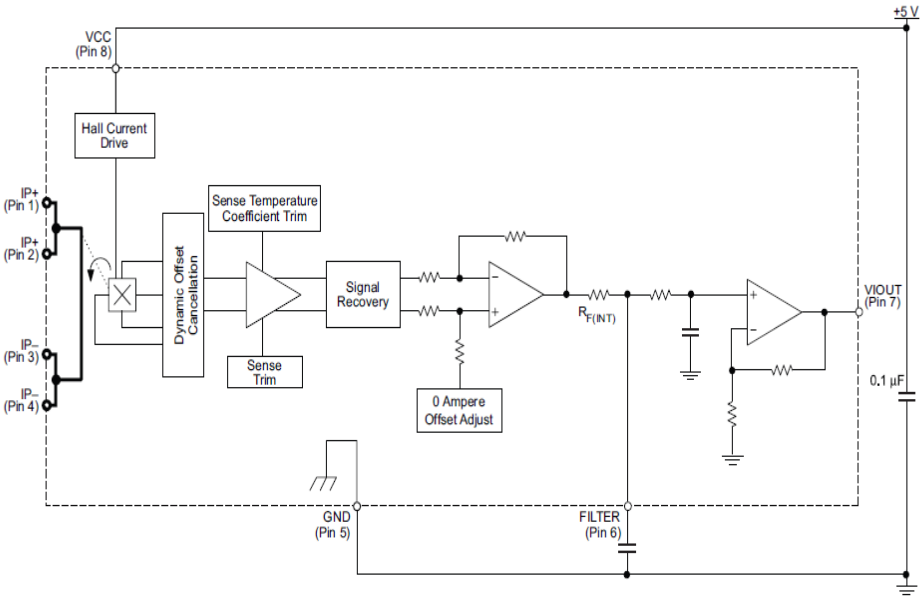
Characteristic	Symbol	Notes	Rating	Units
Supply Voltage	V_{CC}		8	V
Reverse Supply Voltage	V_{RCC}		–0.1	V
Output Voltage	V_{IOUT}		8	V
Reverse Output Voltage	V_{RIOUT}		–0.1	V
Output Current Source	$I_{IOUT(Source)}$		3	mA
Output Current Sink	$I_{IOUT(Sink)}$		10	mA
Overcurrent Transient Tolerance	I_P	100 total pulses, 250 ms duration each, applied at a rate of 1 pulse every 100 seconds.	60	A
Maximum Transient Sensed Current	I_R(max)	Junction Temperature, $T_J < T_J$(max)	60	A
Nominal Operating Ambient Temperature	T_A	Range E	–40 to 85	ºC
Maximum Junction	T_J(max)		165	ºC
Storage Temperature	T_{stg}		–65 to 170	ºC

TÜV America
Certificate Number:
U8V 06 05 54214 010

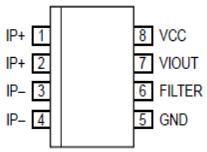
Parameter	Specification
Fire and Electric Shock	CAN/CSA-C22.2 No. 60950-1-03 UL 60950-1:2003 EN 60950-1:2001

ACS712 *Fully Integrated, Hall Effect-Based Linear Current Sensor with 2.1 kVRMS Voltage Isolation and a Low-Resistance Current Conductor*

Functional Block Diagram



Pin-out Diagram



Terminal List Table

Number	Name	Description
1 and 2	IP+	Terminals for current being sensed; fused internally
3 and 4	IP–	Terminals for current being sensed; fused internally
5	GND	Signal ground terminal
6	FILTER	Terminal for external capacitor that sets bandwidth
7	VIOUT	Analog output signal
8	VCC	Device power supply terminal

COMMON OPERATING CHARACTERISTICS[1] over full range of T_{OP}, C_F = 1 nF, and V_{CC} = 5 V, unless otherwise specified

Characteristic	Symbol	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Units
ELECTRICAL CHARACTERISTICS						
Supply Voltage	V_{CC}		4.5	5.0	5.5	V
Supply Current	I_{CC}	V_{CC} = 5.0 V, output open	6	8	11	mA
Output Zener Clamp Voltage	V_Z	I_{CC} = 11 mA, T_A = 25°C	6	8.3	–	V
Output Resistance	R_{IOUT}	I_{IOUT} = 1.2 mA, T_A=25°C	–	1	2	Ω
Output Capacitance Load	C_{LOAD}	VIOUT to GND	–	–	10	nF
Output Resistive Load	R_{LOAD}	VIOUT to GND	4.7	–	–	kΩ
Primary Conductor Resistance	$R_{PRIMARY}$	T_A = 25°C	–	1.2	–	mΩ
RMS Isolation Voltage	V_{ISORMS}	Pins 1-4 and 5-8; 60 Hz, 1 minute, T_A=25°C	2100	–	–	V
DC Isolation Voltage	V_{ISODC}	Pins 1-4 and 5-8; 1 minute, T_A=25°C	–	5000	–	V
Propagation Time	t_{PROP}	I_P = I_P(max), T_A = 25°C, C_{OUT} = open	–	3	–	µs
Response Time	$t_{RESPONSE}$	I_P = I_P(max), T_A = 25°C, C_{OUT} = open	–	7	–	µs
Rise Time	t_r	I_P = I_P(max), T_A = 25°C, C_{OUT} = open	–	5	–	µs
Frequency Bandwidth	f	–3 dB, T_A = 25°C; I_P is 10 A peak-to-peak	50	–	–	kHz
Nonlinearity	E_{LIN}	Over full range of I_P	–	±1	±1.5	%
Symmetry	E_{SYM}	Over full range of I_P	98	100	102	%
Zero Current Output Voltage	$V_{IOUT(Q)}$	Bidirectional; I_P = 0 A, T_A = 25°C	–	V_{CC} × 0.5	–	V
Magnetic Offset Error	V_{ERROM}	I_P = 0 A, after excursion of 5 A	–	0	–	mV
Clamping Voltage	V_{CH}		Typ. –110	V_{CC} × 0.9375	Typ. +110	mV
	V_{CL}		Typ. –110	V_{CC} × 0.0625	Typ. +110	mV
Power-On Time	t_{PO}	Output reaches 90% of steady-state level, T_J=25°C, 20 A present on leadframe	–	35	–	µs
Magnetic Coupling[2]			–	12	–	G/A
Internal Filter Resistance[3]	$R_{F(INT)}$			1.7		kΩ

[1]Device may be operated at higher primary current levels, I_P, and ambient, T_A, and internal leadframe temperatures, T_{OP}, provided that the Maximum Junction Temperature, T_J(max), is not exceeded.

[2]1G = 0.1 mT.

[3]$R_{F(INT)}$ forms an RC circuit via the FILTER pin.

COMMON THERMAL CHARACTERISTICS[1]

			Min.	Typ.	Max.	Units
Operating Internal Leadframe Temperature	T_{OP}	E range	–40	–	85	°C
					Value	Units
Junction-to-Lead Thermal Resistance[2]	$R_{\theta JL}$	Mounted on the Allegro ASEK 712 evaluation board			5	°C/W
Junction-to-Ambient Thermal Resistance	$R_{\theta JA}$	Mounted on the Allegro 85-0322 evaluation board, includes the power consumed by the board			23	°C/W

[1]Additional thermal information is available on the Allegro website.

[2]The Allegro evaluation board has 1500 mm^2 of 2 oz. copper on each side, connected to pins 1 and 2, and to pins 3 and 4, with thermal vias connecting the layers. Performance values include the power consumed by the PCB. Further details on the board are available from the Frequently Asked Questions document on our website. Further information about board design and thermal performance also can be found in the Applications Information section of this datasheet.

x05A PERFORMANCE CHARACTERISTICS T_{OP} = –40°C to 85°C[1], C_F = 1 nF, and V_{CC} = 5 V, unless otherwise specified

Characteristic	Symbol	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Units
Optimized Accuracy Range	I_P		–5	–	5	A
Sensitivity[2]	$Sens_{TA}$	Over full range of I_P, T_A = 25°C	–	185	–	mV/A
	$Sens_{TOP}$	Over full range of I_P	178	–	193	mV/A
Noise	$V_{NOISE(PP)}$	Peak-to-peak, T_A= 25°C, 185 mV/A programmed Sensitivity, C_F = 4.7 nF, C_{OUT} = open, 20 kHz bandwidth	–	45	–	mV
		Peak-to-peak, T_A = 25°C, 185 mV/A programmed Sensitivity, C_F = 47 nF, C_{OUT} = open, 2 kHz bandwidth	–	20	–	mV
		Peak-to-peak, T_A = 25°C, 185 mV/A programmed Sensitivity, C_F = 1 nF, C_{OUT} = open, 50 kHz bandwidth	–	75	–	mV
Electrical Offset Voltage	V_{OE}	I_P = 0 A	–40	–	40	mV
Total Output Error[3]	E_{TOT}	I_P =±5 A, T_A = 25°C	–	±1.5	–	%

[1]Device may be operated at higher primary current levels, I_P, and ambient temperatures, T_{OP}, provided that the Maximum Junction Temperature, $T_{J(max)}$, is not exceeded.
[2]At –40°C Sensitivity may shift as much 9% outside of the datasheet limits.
[3]Percentage of I_P, with I_P = 5 A. Output filtered.

x20A PERFORMANCE CHARACTERISTICS T_{OP} = –40°C to 85°C[1], C_F = 1 nF, and V_{CC} = 5 V, unless otherwise specified

Characteristic	Symbol	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Units
Optimized Accuracy Range	I_P		–20	–	20	A
Sensitivity[2]	$Sens_{TA}$	Over full range of I_P, T_A = 25°C	–	100	–	mV/A
	$Sens_{TOP}$	Over full range of I_P	97	–	103	mV/A
Noise	$V_{NOISE(PP)}$	Peak-to-peak, T_A= 25°C, 100 mV/A programmed Sensitivity, C_F = 4.7 nF, C_{OUT} = open, 20 kHz bandwidth	–	24	–	mV
		Peak-to-peak, T_A = 25°C, 100 mV/A programmed Sensitivity, C_F = 47 nF, C_{OUT} = open, 2 kHz bandwidth	–	10	–	mV
		Peak-to-peak, T_A = 25°C, 100 mV/A programmed Sensitivity, C_F = 1 nF, C_{OUT} = open, 50 kHz bandwidth	–	40	–	mV
Electrical Offset Voltage	V_{OE}	I_P = 0 A	–30	–	30	mV
Total Output Error[3]	E_{TOT}	I_P =±20 A, T_A = 25°C	–	±1.5	–	%

[1]Device may be operated at higher primary current levels, I_P, and ambient temperatures, T_{OP}, provided that the Maximum Junction Temperature, T_J(max), is not exceeded.
[2]At –40°C Sensitivity may shift as much 9% outside of the datasheet limits.
[3]Percentage of I_P, with I_P = 20 A. Output filtered.

x30A PERFORMANCE CHARACTERISTICS T_{OP} = –40°C to 85°C[1], C_F = 1 nF, and V_{CC} = 5 V, unless otherwise specified

Characteristic	Symbol	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Units
Optimized Accuracy Range	I_P		–30	–	30	A
Sensitivity[2]	$Sens_{TA}$	Over full range of I_P, T_A = 25°C	–	66	–	mV/A
	$Sens_{TOP}$	Over full range of I_P	64	–	68	mV/A
Noise	$V_{NOISE(PP)}$	Peak-to-peak, T_A= 25°C, 66 mV/A programmed Sensitivity, C_F = 4.7 nF, C_{OUT} = open, 20 kHz bandwidth	–	20	–	mV
		Peak-to-peak, T_A = 25°C, 66 mV/A programmed Sensitivity, C_F = 47 nF, C_{OUT} = open, 2 kHz bandwidth	–	7	–	mV
		Peak-to-peak, T_A = 25°C, 66 mV/A programmed Sensitivity, C_F = 1 nF, C_{OUT} = open, 50 kHz bandwidth	–	35	–	mV
Electrical Offset Voltage	V_{OE}	I_P = 0 A	–30	–	30	mV
Total Output Error[3]	E_{TOT}	I_P = ±30 A, T_A = 25°C	–	±1.5	–	%

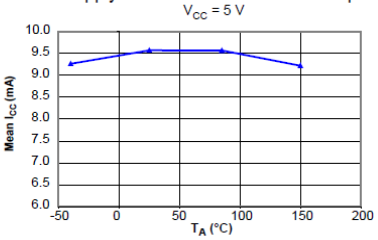
[1]Device may be operated at higher primary current levels, I_P, and ambient temperatures, T_{OP}, provided that the Maximum Junction Temperature, T_J(max), is not exceeded.
[2]At –40°C Sensitivity may shift as much 9% outside of the datasheet limits.
[3]Percentage of I_P, with I_P = 30 A. Output filtered.

Characteristic Performance

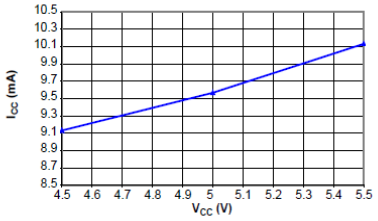
I_P = 5 A, Sens = 185 mV/A unless otherwise specified

Mean Supply Current versus Ambient Temperature

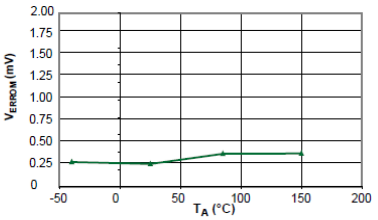
V_{CC} = 5 V



Supply Current versus Supply Voltage

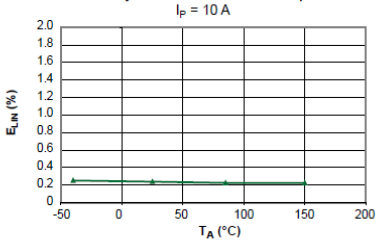


Magnetic Offset versus Ambient Temperature



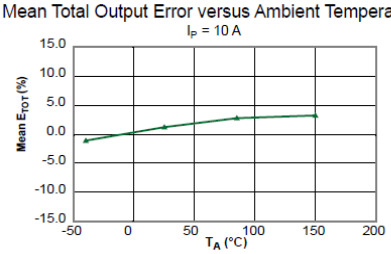
Nonlinearity versus Ambient Temperature

I_P = 10 A

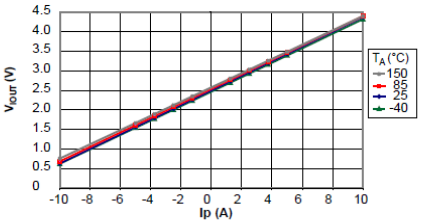


Mean Total Output Error versus Ambient Temperature

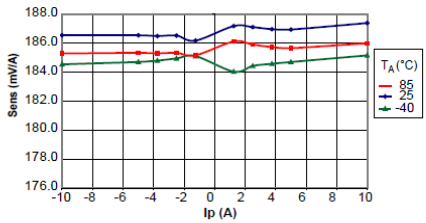
I_P = 10 A



Output Voltage versus Sensed Current



Sensitivity versus Sensed Current



ANEXOS VII.– Trimpot

DB LECTRO
COMPOSANTS ÉLECTRONIQUES
ELECTRONIC COMPONENTS

- Multiturn/ Cermet/ Industrial /sealed
- Wide range of resistance
- RoHS Compliant

RoHS

3006 Rectangular Trimming Potentiometer

Electrical Characteristics

Standard Resistance Range……50Ω~2MΩ
Resistance Tolerance ……±10%

Absolute Minimum Resistance…≤1%Rcr10Ω
Contact Resistance Variation …CRV≤3%or5Ω
Insulation Resistance……R1≥1GΩ(100Vac)
Withstand Voltage……640Vac
Effective Travel……22 turns nom

Environmental Characteristics

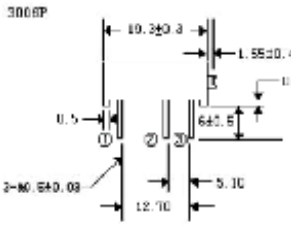
(Power Rating) (315 volts max) ……
……0.75W@70℃,0W@125℃
Temperature Range……-55℃~125℃
Temperature Coefficient……±250ppm/℃
Temperature Variation…-55℃,30min,+125℃
……30min、5cycles
……ΔR≤5%R,Δ(Uab/Uac)≤5%
Vibration……10-500Hz,0.75mm,6h,
……ΔR≤2%R, Δ(Uab/Uac)≤1%
Collision……390m/s²,4000cycles,ΔR≤2%R
Electrical Endurance at 70℃…0.75W@70℃
……100Ch, ΔR≤5%R,CRV≤3% or 5Ω
Rotational Life……200cycles
……ΔR≤10%R,CRV≤3% or 5Ω

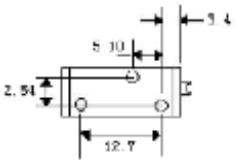
Physical Characteristics

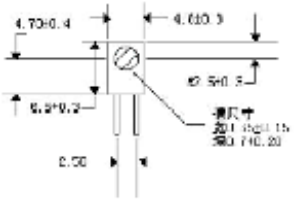
Starting Torque……≤55mNm
Marking……Resistance Tolerance
……when no identification, it is of±10%
……Resistance Code、Model
Standard Packaging…25pcs,per tube

RoHS Compliant

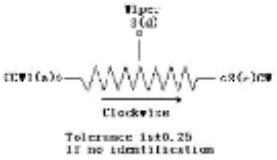
Common Dimensions







How To Order



Standard Resistance Tabl

Resistance (Ohms)	Resistance Code
10	100
20	200
50	500
100	101
200	201
500	501
1,000	102
2,000	202
5,000	502
10,000	103
20,000	203
25,000	253
50,000	503
100,000	104
200,000	204
250,000	254
500,000	504
1,000,000	105
2,000,000	205