

Energia Solar e Eólica 2

Paulo Jayme Pereira Abdala
(Organizador)

 **Atena**
Editora

Ano 2019

Paulo Jayme Pereira Abdala
(Organizador)

Energia Solar e Eólica 2

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Geraldo Alves e Karine de Lima

Revisão: Os autores

Conselho Editorial

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

E56 Energia solar e eólica 2 [recurso eletrônico] / Organizador Paulo Jayme Pereira Abdala. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (Energia Solar e Eólica; v. 2)

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-7247-067-4

DOI 10.22533/at.ed.674192201

1. Energia – Fontes alternativas. 2. Energia eólica. 3. Energia solar. I. Abdala, Paulo Jayme Pereira.

CDD 621.042

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

2019

Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

www.atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

As chamadas energias renováveis, também conhecidas como energias alternativas ou ainda energias limpas são três denominações possíveis para qualquer forma de energia obtida por meio de fontes renováveis, e que não produzem grandes impactos ambientais negativos. Atualmente, com a grande preocupação mundial em compensar as emissões de CO₂, o consumo deste tipo de energia tem sido o foco de governos e empresas em todo globo.

Neste sentido, o Brasil possui uma matriz energética bastante limpa, onde predomina o uso de hidrelétricas, apesar do crescimento do uso de termelétricas, as quais são abastecidas por combustível fóssil. No Brasil, o setor energético é responsável por grande parte das emissões de CO₂, ficando atrás somente do setor agrícola que reapresenta a maior contribuição para o efeito estufa brasileiro.

A energia proveniente do sol é a alternativa renovável mais promissora para o futuro e, por este motivo tem recebido maior atenção e também mais investimentos. A radiação solar gratuita fornecida pelo sol pode ser captada por placas fotovoltaicas e ser posteriormente convertida em energia elétrica. Esses painéis usualmente estão localizados em construções, como indústrias e casas, o que proporciona impactos ambientais mínimos. Esse tipo de energia é uma das mais fáceis de ser implantada em larga escala. Além de beneficiar os consumidores com a redução na conta de energia elétrica reduzem as emissões de CO₂.

Com relação à energia eólica, o Brasil faz parte do grupo dos dez países mais importantes do mundo para investimentos no setor. As emissões de CO₂ requeridas para operar esta fonte de energia alternativa são extremamente baixas e é uma opção atrativa para o país não ser dependente apenas das hidrelétricas. Os investimentos em parques eólicos vem se tornando uma ótima opção para neutralização de carbono emitidos por empresas, indústrias e etc.

Neste contexto, este EBOOK apresenta uma importante contribuição no sentido de atualizar os profissionais que trabalham no setor energético com informações extremamente relevantes. Ele está dividido em dois volumes contendo artigos práticos e teóricos importantes para quem deseja informações sobre o estado da arte acerca do assunto.

Paulo Jayme Pereira Abdala

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	10
ESTUDO DA VIABILIDADE ECONÔMICA PARA A INSTALAÇÃO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS NOS CAMPI IFG ITUMBIARA E URUAÇU	
Sergio Batista da Silva Olívio Carlos Nascimento Souto Fernando Nunes Belchior Ghunter Paulo Viajante Elias Barbosa Macedo Vera Ferreira Souza	
DOI 10.22533/at.ed.6741922011	
CAPÍTULO 2	24
ESTUDO DE VIABILIDADE PARA IMPLEMENTAÇÃO DE UMA PLANTA FOTOVOLTAICA INTEGRADA EM UM SHOPPING CENTER DE FORTALEZA - CE	
Sofia da Costa Barreto Paulo Cesar Marques de Carvalho	
DOI 10.22533/at.ed.6741922012	
CAPÍTULO 3	41
ESTUDO DO COMPORTAMENTO E QUALIDADE FÍSICO-QUÍMICA DO ABACAXI SECADO EM SECADOR HÍBRIDO SOLAR-ELÉTRICO	
Raphaela Soares da Silva Camelo Juliana Lobo Paes Milena Araujo Silva Madelon Rodrigues Sá Braz Dhiego Santos Cordeiro da Silva Camila Lucas Guimarães	
DOI 10.22533/at.ed.6741922013	
CAPÍTULO 4	54
ESTUDOS TEÓRICOS E EXPERIMENTAIS SOBRE O CUIINSE ₂ E SUA APLICAÇÃO EM DISPOSITIVOS FOTOVOLTAICOS	
Yuri Hamayano Lopes Ribeiro Denis Gilbert Francis David Marcus Vinícius Santos da Silva Jailton Souza de Almeida	
DOI 10.22533/at.ed.6741922014	
CAPÍTULO 5	66
EXPERIÊNCIA DE CURSO GRATUITO DE INSTALADOR DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CONECTADOS À REDE OFERECIDO PELO IFTO CAMPUS PALMAS	
Claudio Silva dos Santos Abimael Ribeiro Martins Adail Pereira Carvalho Brunno Henrique Brito	
DOI 10.22533/at.ed.6741922015	
CAPÍTULO 6	78
IMPACTO DA LEI PALMAS SOLAR NA ANÁLISE FINANCEIRA DA MICROGERAÇÃO FOTOVOLTAICA EM PALMAS - TO	
Isamara Quirino de Castro Carlos Brunno Henrique Brito	

Felipe Tozzi Bittencourt
DOI 10.22533/at.ed.6741922016

CAPÍTULO 7 91

IMPACTOS DOS INCENTIVOS DOS GOVERNOS DO ESTADO E DO MUNICÍPIO NA MICROGERAÇÃO SOLAR FOTOVOLTAICA EM PALMAS - TO

Allan Carlos do Nascimento Silva
Brunno Henrique Brito

DOI 10.22533/at.ed.6741922017

CAPÍTULO 8 104

IMPLANTAÇÃO E AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE DOIS GERADORES FOTOVOLTAICOS CONECTADOS DIRETAMENTE NO BARRAMENTO C.C. DO LABORATÓRIO DE SISTEMAS HÍBRIDOS/MINIRREDES (GEDAE/UFPA)

Jorge Augusto Leal Corrêa
Claudomiro Fábio de Oliveira Barbosa
Marcos André Barros Galhardo
João Paulo Alves Veríssimo
Israel Hidai Lobato Lemos
Edinaldo José da Silva Pereira
João Tavares Pinho

DOI 10.22533/at.ed.6741922018

CAPÍTULO 9 121

INFLUÊNCIA DA SUJEIRA NA GERAÇÃO FOTOVOLTAICA

Elismar Ramos Barbosa
Merlim dos Santos Ferreira de Faria
Fabio de Brito Gontijo

DOI 10.22533/at.ed.6741922019

CAPÍTULO 10 132

INFLUÊNCIA DO ESPECTRO SOLAR EM MÓDULOS FOTOVOLTAICOS SOB CÉU LIMPO, CÉU PARCIALMENTE NUBLADO E CÉU NUBLADO

Guilherme Marques Neves
Waldeir Amaral Vilela
Enio Bueno Pereira
Luiz Angelo Berni

DOI 10.22533/at.ed.67419220110

CAPÍTULO 11 146

INTENSIFICAÇÃO DA TRANSFERÊNCIA DE CALOR EM COLETOR SOLAR DE PLACA PLANA ATRAVÉS DE GERADOR DE VÓRTICE LONGITUDINAL DO TIPO DELTA

Felipe Augusto Santos da Silva
Leandro Oliveira Salviano

DOI 10.22533/at.ed.67419220111

CAPÍTULO 12 161

METODOLOGIA COMPUTACIONAL DE CONTROLE DE QUALIDADE DE DADOS DE IRRADIÂNCIA SOLAR

Marcus Vinícius Contes Calça
Matheus Rodrigues Raniero
Alexandre Dal Pai
Carlos Roberto Pereira Padovani
Domingos Mario Zeca Fernando

CAPÍTULO 13 174

PROJETO DE SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA ABRIGOS DE PONTOS DE ÔNIBUS NA AV. ALMIRANTE BARROSO – BELÉM/PA

Ana Laura Pinheiro Ruivo Monteiro
Edinaldo José da Silva Pereira
Everton Leandro Santos Amaral
Ítalo de Sousa
Magda Tayane Abraão de Brito

DOI 10.22533/at.ed.67419220113

CAPÍTULO 14 191

PROJETO PRELIMINAR DE UM RADIÔMETRO ABSOLUTO PARA MEDIR A IRRADIÂNCIA SOLAR TOTAL

Franciele Carlesso
Jenny Marcela Rodriguez Gomez
Luiz Angelo Berni
Graziela da Silva Savonov
Luis Eduardo Antunes Vieira
Waldeir Amaral Vilela
Edson Luiz de Miranda

DOI 10.22533/at.ed.67419220114

CAPÍTULO 15 200

PROJETO, DESENVOLVIMENTO E TESTE DE FOGÕES SOLARES

Diego Lopes Coriolano
Erico Diogo Lima da Silva
Iraí Tadeu Ferreira de Resende
Vanina Cardoso Viana Andrade
Denilson Pereira Gonçalves
Renan Tavares Figueiredo
Odélsia Leonor Sanchez de Alsina

DOI 10.22533/at.ed.67419220115

CAPÍTULO 16 213

PROPOSTA DE RETROFIT NO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO E ESTUDO DE GERAÇÃO FOTOVOLTAICA EM UM DOS BLOCOS DA UTFPR EM CURITIBA

Larissa Barbosa Krasnhak
Jair Urbanetz Junior

DOI 10.22533/at.ed.67419220116

CAPÍTULO 17 229

PROPOSTA DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA OTIMIZAÇÃO DO GASTO PÚBLICO COM O CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA DE UMA UNIDADE DE ENSINO FEDERAL IMPLANTADA NA REGIÃO DO VALE DO SÃO FRANCISCO

Adriano Moraes da Silva
Rebeca Lorena Santos Maia e Silva
Danielle Bandeira de Mello Delgado

DOI 10.22533/at.ed.67419220117

CAPÍTULO 18 246

PLATAFORMA PORTÁTIL E DE BAIXO CUSTO PARA A AQUISIÇÃO DA CURVA CARACTERÍSTICA

DE CÉLULAS SOLARES FOTOVOLTAICAS

Júlio César Madureira Silva
Augusto César da Silva Bezerra
Claudinei Rezende Calado
Ana Luiza F. Maia
Amanda Ribeiro Amorim

DOI 10.22533/at.ed.67419220118

CAPÍTULO 19 255

SISTEMA DE AQUISIÇÃO PARA PAINÉIS FOTOVOLTAICOS COM ARMAZENAMENTO DE DADOS EM SERVIDOR REMOTO UTILIZANDO PLATAFORMAS OPEN SOURCE RASPBERRY PI E ARDUINO

José Ilton de Oliveira Filho
Wilk Coelho Maia

DOI 10.22533/at.ed.67419220119

CAPÍTULO 20 263

SUJIDADE DEPOSITADA SOBRE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS INSTALADOS EM GOIÂNIA: MORFOLOGIA E COMPOSIÇÃO QUÍMICA

Pedro Victor Valadares Romanholo
Bernardo Pinheiro de Alvarenga
Enes Gonçalves Marra
Sérgio Pires Pimentel

DOI 10.22533/at.ed.67419220120

CAPÍTULO 21 275

TRATAMENTO E ANÁLISE DE DADOS SOLARIMÉTRICOS DA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DA EMC/UFG

Jéssica Alice Alves da Silva
Bernardo Pinheiro de Alvarenga
Sérgio Pires Pimentel
Enes Gonçalves Marra

DOI 10.22533/at.ed.67419220121

CAPÍTULO 22 290

TESTES DE SENSIBILIDADE PARA DIFERENTES PARAMETRIZAÇÕES CUMULUS DO MODELO WRF PARA MELHORAR AS ESTIMATIVAS DE VENTO

Lucia Iracema Chipponelli Pinto
Francisco Jose Lopes de Lima
Fernando Ramos Martins
Enio Bueno Pereira

DOI 10.22533/at.ed.67419220122

CAPÍTULO 23 303

O ENSINO SOBRE ENERGIAS RENOVÁVEIS NOS CURSOS DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA NAS UNIVERSIDADES BRASILEIRAS

André Barra Neto
Ana Paula Pinheiro Zago
Márcia Helena da Silva
Mirian Sousa Moreira
José Eduardo Ferreira Lopes

DOI 10.22533/at.ed.67419220123

CAPÍTULO 24	317
POTENCIALIDADE DO BIOGÁS GERADO PELA CODIGESTÃO ENTRE DEJETO BOVINO E SUÍNO	
Juliana Lobo Paes	
Camila Ferreira Matos	
Gabriel Araújo e Silva Ferraz	
Giancarlo Bruggianesi	
Camila Kelly de Queiroz	
Caroline Stephanie Gomes de Castro Soares	
DOI 10.22533/at.ed.67419220124	
CAPÍTULO 25	333
SIMULAÇÃO DE UMA PLANTA OTEC DE CICLO FECHADO OPERANDO NO BRASIL	
Marcus Godolphim de Castro Neves	
Hélio Henrique Rivabene Ferreira Dias	
Cassio Roberto Macedo Maia	
Ricardo Alan Verdú Ramos	
DOI 10.22533/at.ed.67419220125	
CAPÍTULO 26	344
ANÁLISE DA PRODUÇÃO DE 24 MESES DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO À REDE NO ESTADO DO TOCANTINS	
Brunno Henrique Brito	
Thálisson Câmara Belém	
Márcio Serafim de Almeida	
Felipe Tozzi Bittencourt	
DOI 10.22533/at.ed.67419220126	
CAPÍTULO 27	359
ESTUDO TECNOLÓGICO DE SISTEMAS DE CULTIVO DE MICROALGAS	
Robson de Souza Santiago	
Bruno Lindbergh Sousa	
Yordanka Reyes Cruz	
Estevão Freire	
Suely Pereira Freitas	
Gisel Chenard Díaz	
DOI 10.22533/at.ed.67419220127	
CAPÍTULO 28	376
INFLUÊNCIA DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS EM AEROPORTOS SOBRE A SEGURANÇA DAS OPERAÇÕES AERONÁUTICAS	
Francisco Wilson Falcão Júnior	
Paulo Cesar Marques de Carvalho	
Wilson Cabral de Sousa Júnior	
DOI 10.22533/at.ed.67419220128	
SOBRE O ORGANIZADOR	390

SISTEMA DE AQUISIÇÃO PARA PAINÉIS FOTOVOLTAICOS COM ARMAZENAMENTO DE DADOS EM SERVIDOR REMOTO UTILIZANDO PLATAFORMAS OPEN SOURCE RASPBERRY PI E ARDUINO

José Ilton de Oliveira Filho

King Abdullah University of Science and Technology, Departamento de Eletrofísica
Thuwal, Mekkah – Arábia Saudita

Wilk Coelho Maia

Universidade Federal do Piauí, Departamento de Engenharia Elétrica
Teresina – Piauí

RESUMO: Este trabalho consiste em um protótipo de um sistema de aquisição de dados interligado via rede sem fio para armazenamento de dados em servidor remoto. Neste estudo, são apresentadas a placa de aquisição e o princípio de funcionamento de todo o sistema desenvolvido, desde a medição até o armazenamento dos dados de um painel fotovoltaico em um servidor remoto. A utilização de um servidor remoto conectado à internet implica na possibilidade de análise, manipulação e controle dos dados em questão de qualquer lugar do mundo, com as configurações necessárias.

PALAVRAS-CHAVE: Painel Fotovoltaico, Aquisição, Servidor Remoto.

ABSTRACT: This paper consists of a prototype of a data acquisition system connected via wireless network for data storage on remote server. In this study are presented the acquisition board and the operating principle of the whole

system developed from the measurement data until storage of a photovoltaic panel on a remote server. Using a remote server connected to the Internet implies the possibility of analysis, manipulation and control of such data from anywhere in the world, with the necessary settings.

KEYWORDS: Photovoltaic panel, Acquisition, Remote Server.

1 | INTRODUÇÃO

O Brasil possui um grande potencial de energia solar durante todo o ano, por ser um país localizado, em sua maior parte, na região intertropical (Tiba et al., 2000; Colle e Pereira, 1997). Com a utilização da energia solar, haveria benefícios a longo prazo, viabilizando o desenvolvimento de regiões remotas onde o custo da eletrificação pela rede convencional é demasiadamente alto com relação ao retorno financeiro do investimento, regulando a oferta de energia em situações de estiagem, diminuindo a dependência do mercado de petróleo e reduzindo as emissões de gases poluentes na atmosfera, como estabelecido na Conferência de Kyoto (Martins et al, 2004).

Segundo Ranhotigamage e Mukhopadhyay (2011), há uma necessidade crescente do

monitoramento do comportamento dos painéis fotovoltaicos. O entendimento dos diferentes fatores e das condições de luz são importantes para se extrair a máxima potência de um painel ou de uma matriz de painéis. Katsuya, Shigeyasu, e Go (2006) juntamente com Phelps, Lo e Michael (2004), afirmam que isto pode ser conseguido traçando as características I-V de painéis ou matrizes de painéis sob diferentes condições atmosféricas. Diversos trabalhos foram realizados para a medição da curva I-V-P, através de distintos tipos de sistemas de aquisição de dados e, em seguida, foram usados para controlar o ponto máximo de potência para assim ter-se um maior aproveitamento dos painéis (Griesbach, 1996).

A larga escala de integração dos recursos renováveis necessita de uma minuciosa análise dos seus impactos no sistema de geração elétrico. Um dos principais problemas relacionados a esses tipos de recursos é a estabilidade do sistema elétrico, devido às imprevisíveis variações dos recursos renováveis (Pérez-Arriaga, 2011). A saída dos geradores fotovoltaicos mostra variações determinísticas devido aos movimentos do sol, bem como imprevisíveis, devido às condições climáticas (Mills et al., 2009). Devido a isso, a estabilidade de um sistema fotovoltaico requer gravações de seus dados sobre grandes períodos (Petrescu, Lupu e Azzouzi, 2013).

Existem no mercado inúmeros sistemas de aquisição de dados e, na última década, houve o surgimento de vários trabalhos voltados a baratear e melhorar a eficiência desses sistemas. A maioria dos atualmente existentes utiliza conexão física para transferência de dados, além de que, em quase todos os casos, um computador é utilizado para fazer os cálculos ou gerenciar o armazenamento dos dados pertinentes, como gráficos e dados processados. Os microprocessadores, usados nesses sistemas, são usados apenas para a obtenção dos valores analógicos e convertidos para dados digitais. Parashar e Dhankhar (2014) propõem, em seu trabalho, o uso de uma rede sem fio, reduzindo significativamente o custo de comunicação de um sistema de aquisição em uma área geográfica pequeno. Em um trabalho recente, Y.L. Soon, K.B. Gan, & M. Abdullah (2015) propõem a substituição de um computador comum por um Raspberry PI em sistema de aquisição de dados SID, levando a um barateamento e maior acessibilidade dos dados.

Este trabalho traz a proposta de apresentar um sistema viável e operacional para aquisição, armazenamento, processamento e controle de dados, sem a necessidade de um computador externo para processamento de dados e com toda a comunicação feita de forma sem fio.

2 | METODOLOGIA

2.1 Princípio de operação

Para este trabalho utilizou-se duas plataformas de desenvolvimento *open source*, as plataformas Arduino e Raspberry Pi. A plataforma Arduino é projetada com um microcontrolador que pode ser programado em linguagem C++ com auxílio de bibliotecas próprias, possuindo uma rica biblioteca de exemplos de programas com funcionalidades de placa, disponíveis para download online (Arduino, 2015). As portas analógicas dessa plataforma são configuradas para aquisição de leituras instantâneas dos valores de tensão presentes nas mesmas. O microcontrolador (uC) Atmega328P, fabricado pela Atmel, é o responsável pelo processamento executado na placa Arduino.

O Atmega328P é considerado um uC de alto desempenho, tendo baixo consumo, com uma corrente de trabalho em torno de 0,2mA. Ele possui 1KB de memória EEPROM, 2KB de SRAM, seis canais PWM, oito canais digitais e seis canais analógicos; sua tensão de operação é de 1.8 a 5.5volts, o clock pode ser de 0 à 20MHz e possui uma serial universal USART e interface SPI (Atmel, 2009; Mota et al, 2011).

Como servidor, utilizou-se o Raspberry Pi, um computador de baixo custo baseado em processador de arquitetura ARM, do tamanho de um cartão de crédito, que se conecta a um monitor ou TV e usa teclado e mouse comuns. É um pequeno dispositivo que permite pessoas de todas as idades explorarem a computação e aprender como programar em linguagens como Scratch e Python. Com ele, você é capaz de fazer tudo o que se espera de um desktop, desde navegar na internet, reproduzir vídeos em alta definição a criar planilhas, documentos e jogar jogos (Raspberry Foundation, 2015).

Utilizando o Arduino, elaborou-se um sistema de aquisição de dados de uma série de sensores acoplados aos painéis fotovoltaicos. Após a aquisição dos dados, os dados são, então, enviados por um transmissor RF ao servidor. A Fig. 1 mostra esse sistema:

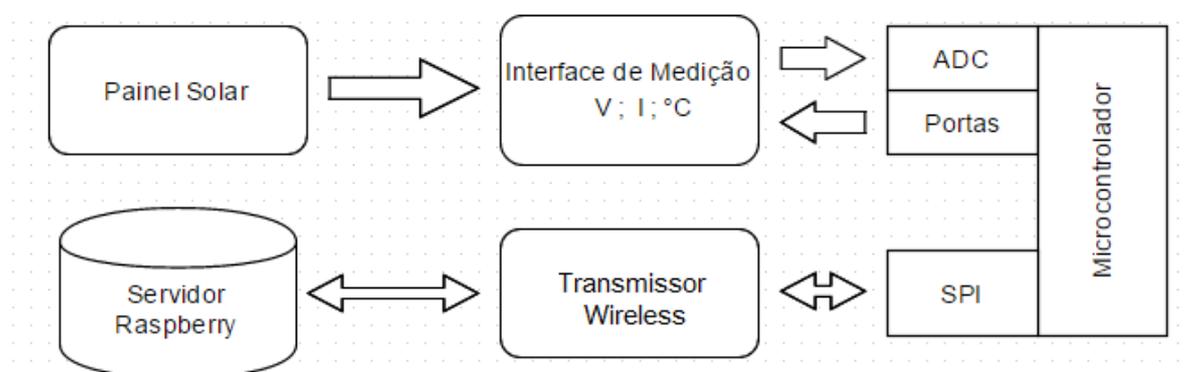


Figura 1- Topologia do Sistema.

2.2 Detalhes da implementação do sistema

A aquisição de dados enfocou 3 variáveis do sistema: a temperatura, a corrente

e a tensão. Para aquisição da tensão, utilizou-se um divisor de tensão, projetado com um fator de 1/6 entre o nível captado, enviado ao microcontrolador, e a saída do painel fotovoltaico. Para a medição de corrente, utilizou-se um resistor de potência em série com a carga do sistema e se mediu o nível de tensão sobre ele. A corrente foi, então, calculada de acordo com a Lei de Ohm. Empregando o sensor LM35, um circuito integrado cuja saída é linear e proporcional à temperatura em graus celsius, foi aferida a temperatura do painel. O esquemático da placa de aquisição é mostrado na Fig. 2.

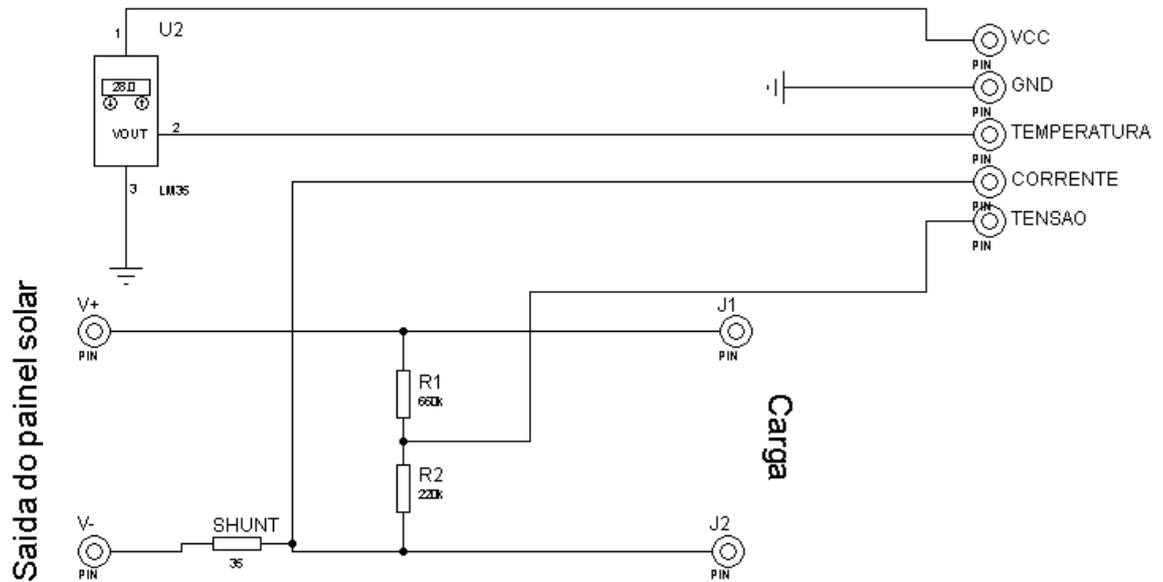


Figura 2- Esquemático da placa de aquisição.

Instalou-se a distribuição Arch Linux ARM 2014.06 num cartão microSD de 2GB, para ser usado em um Raspberry Pi modelo B (rev. 2). As ferramentas de desenvolvimento foram atualizadas e foram instalados os pacotes da linguagem Python e a biblioteca de controle das portas de entrada e saída para essa linguagem e para a linguagem C. Instalou-se, também, a biblioteca RF24, *open source*, para interface entre o sistema operacional e o módulo transreceptor nRF24L01+ (Seow, 2014). Finalmente, instalou-se o pacote apache para implementação de um servidor http, possibilitando acesso remoto aos dados coletados sem necessidade de conhecimentos específicos em ambiente Linux.

Usando o módulo transreceptor nRF24L01+, interfaceado pela conexão SPI do Raspberry, foi implementada uma topologia de rede do tipo estrela, como é mostrada na Fig. 3, baseando-se no modelo DHCP, onde o servidor registra cada novo cliente com um código local para comunicação, análogo ao IP.

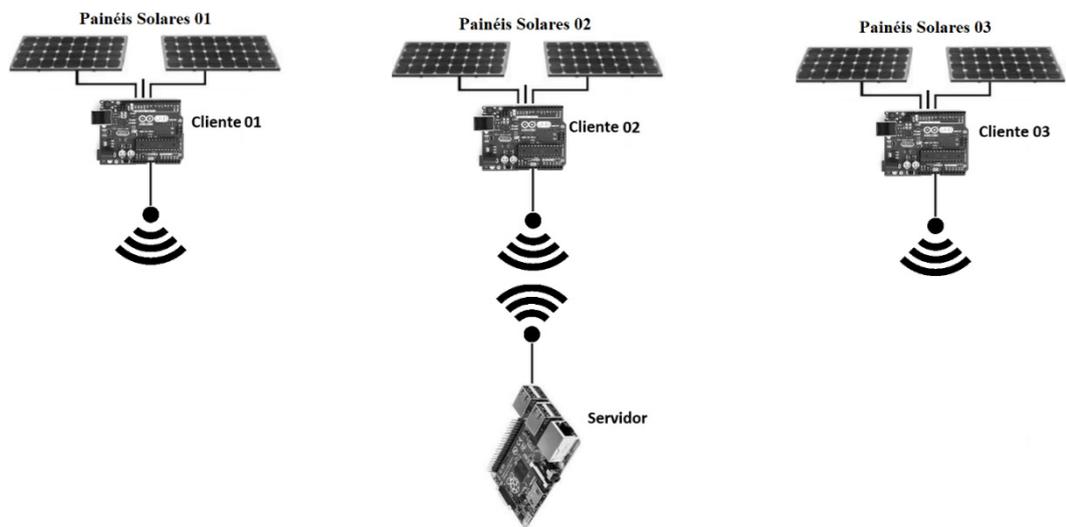


Figura 3- Network do tipo estrela entre Arduino e Raspberry.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

O sistema descrito na seção anterior foi implementado e, durante o período de 08:30 às 18:00 de um dia, a cada 5 minutos, dados de tensão, temperatura e corrente foram colhidos pelo sistema de aquisição implementado com o Arduino e enviados ao servidor remoto. O servidor ficou, então, responsável por armazenar esses valores em arquivos de texto para análise posterior.

Gerou-se gráficos dos resultados obtidos utilizando a ferramenta *matplotlib* (Hunter, 2007), em linguagem Python. Esses são expostos na Fig. 5, à medida que a Fig. 4 dá uma visão geral do sistema concebido e utilizado para as aferições.

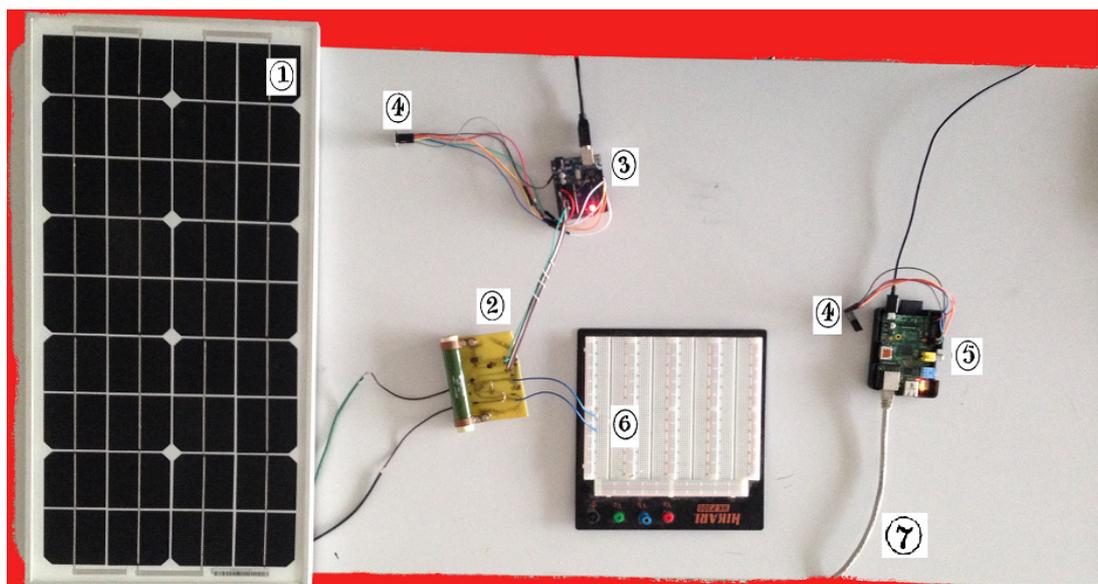


Figura 4 – (1) Painel Fotovoltaico; (2) Módulo de aquisição de dados; (3) Arduino; (4) Módulo de transmissão Wireless 2.4Ghz; (5) Raspberry; (6) Conexão de saída para carga; (7) Cabo RJ45 para conexão com internet.

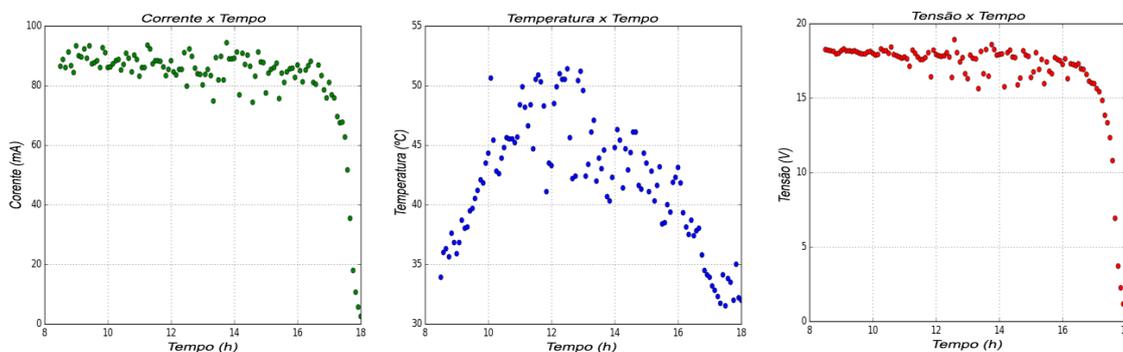


Figura 5 – Dados adquiridos pelo sistema durante um período de 11 horas e 30 minutos. Corrente em verde, temperatura do painel fotovoltaico em azul e tensão em vermelho.

Os resultados obtidos mostram uma consistência nos valores de tensão obtidos pelo painel durante o período de aferição, com alguns pontos destoando levemente dos demais, no período das 11 às 16 horas. Um efeito similar é encontrado no gráfico de corrente. Isso implica numa constância na potência fornecida pelo sistema durante o dia, até cerca de 16:30.

Esperar-se-ia um aumento na potência fornecida pelo painel nos horários de pico de incidência solar. Contudo, nesses horários, há um aumento considerável na temperatura do painel fotovoltaico. Esse fato pode explicar o motivo da queda de rendimento na transformação de energia solar em energia elétrica, visto que um aumento de temperatura tem efeito negativo nesse processo de conversão.

4 | CONCLUSÃO

O sistema será usado para criar uma base de dados, em um período a ser determinado, onde sua aquisição irá resultar num levantamento de potência gerada pelo painel em pequenos intervalos de tempo, entre 5 à 10 segundos. Onde estes dados são necessários para estudar o impacto da variabilidade da energia fotovoltaica e a sua estabilidade nos sistemas de energia. Além disso, esta base de informações irá fornecer dados úteis para os estudos sobre o uso de sistemas de armazenamento de energia para aumentar a compatibilidade das centrais fotovoltaicas com os requisitos do sistema de energia.

Tem-se, no sistema desenvolvido, um barateamento dos sistemas já existentes, uma vez que não se é necessário a utilização de um computador convencional para armazenamento e tratamento dos dados, mas sim um módulo Raspberry Pi. Além do barateamento, nota-se melhoria na infraestrutura de transmissão de dados, através do uso de transmissão sem fio, facilitando a inclusão de novos pontos na rede e de mudança de localização. A aquisição de dados de toda uma matriz de painéis solares se torna possível através da topologia de rede configurada em estrela.

O sistema proposto faz uso de um servidor administrado por um Raspberry Pi,

à medida que os sistemas existentes no mercado utilizam um computador mais caro, superdimensionado para as necessidades do projeto. Isso proporciona uma diminuição de custos na implementação do projeto, haja vista o investimento inferior necessário para aquisição de um módulo Raspberry Pi, quando comparado a um computador convencional.

Há, ainda, a possibilidade de se utilizar o servidor central conectado à rede como fonte de dados remota, através da internet. Dessa forma, os dados obtidos pelo sistema de aquisição podem ser salvos em servidores remotos ou acessados à distância; e mesmo alguma técnica de controle remoto, com ação ou supervisão humana, pode ser implementada sem a necessidade da presença física de um técnico junto ao sistema, ideal para regiões de difícil acesso.

REFERÊNCIAS

Arduino (2015). **Arduino®**. Disponível em: <http://arduino.cc/>. Acesso em: 22/ 07/ 2015.

ATMEL, 8161D-AVR (2009). **MICROCONTROLLER with 4/8/16/32k bytes in-system programmable flash**. Disponível em: < <http://www.atmel.com/Images/doc8161.pdf> >. Acesso em: 22/05/2015.

Blasques, L. C. M., Vale, S. B., Pinho, J. T., 2007. **Sistema Solar Fotovoltaico para Geração de Eletricidade na Estação Científica Ferreira Penna do Museu Paraense Emílio Goeldi, Caxiuanã – Pará**, I CBENS - I Congresso Brasileiro de Energia Solar, Fortaleza.

Burger, B., Rüther, R., 2006. **Inverter sizing of grid-connected photovoltaic systems in the light of local solar resource distribution characteristics and temperature**, Solar Energy, vol. 80, n. 1, pp. 32-45.

Colle, S., Pereira, E.B., 1998. **Atlas de Irradiação Solar do Brasil. Primeira Versão para Irradiação Global Derivada de Satélite e Validada na Superfície**, Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), Brasília, pp. 58.

Duffie, J. A., Beckman, W. A., 1991. **Solar Engineering of Thermal Processes**, John Wiley & Sons.

Griesbach, C. R., 1996. **Fault-tolerance solar array control using digital signal processing for peak power tracking**, in Proc. 31st Intersociety Energy Conversion Eng. Conf., vol. 1, pp. 260–265, DOI:10.1109/IECEC.1996.552881.

Hunter, J. D., 2007. **Matplotlib: A 2D graphics environment**. Computing In Science & Engineering, IEEE COMPUTER SOC.

Katsuya, H., Shigeyasu, H., Go, O., 2006. **Development of a high-speed system measuring a maximum power point of PV modules**, in Proc. IEEE 4th World Conf. Record. Photovoltaic Energy Conversion, pp. 2262–2263.

Martins, F. R., Pereira, E. B., Echer, M. P. S., 2004. **Levantamento dos recursos de energia solar no Brasil com o emprego de satélite geostacionário - o Projeto Swera**, Revista Brasileira de Ensino de Física. vol.26 no.2 São Paulo.

Mills, A. et al., 2009. **Understanding variability and uncertainty of photovoltaics for integration with the electric power system**, Research report, Lawrence Berkeley National Laboratory, December 2009.

Mota, A. A., Mota, L.T.M; Oliveira, V. C.; Trocopio, E. T., 2011. **Implementação de Medidor de Energia Elétrica em Plataforma de Hardware Livre Para Estudos de Comportamento de Redes Inteligentes**. XXXIX Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia-COBENGE.

Oliveski, R. C., 2000. **Análise Numérica e Experimental dos Campos de Temperatura e Velocidade em Armazenadores Térmicos**, Tese de Doutorado, PROMEC, UFRGS, Porto Alegre.

Pérez-Arriaga, I. J., 2011. **Managing large scale penetration of intermittent renewables**, MIT Energy Initiative Symposium Framework paper, April 20, 2011.

Petrescu, C., Lupu, C., Tudor, F.S., Azzouzi, M., 2013. **Data Acquisition System for Recording of Photovoltaic Panel Power**, 2nd International Conference on Systems and Computer Science (ICSCS) Villeneuve d'Ascq, France, August 26-27, 2013.

Phelps, R., Lo, B., Michael, S., 2004. **Evaluation and testing of the solar cell measurement system onboard the naval postgraduate school satellite NPSAT1**, in Proc. 22nd AIAA Int. Commun. Satellite Syst. Conf. Exhibit (ICSSC), Monterey, CA, May 9–12, pp. 1–8.

Raspberry Pi Foundation. **Raspberry Pi**. Disponível em <https://www.raspberrypi.org/>. Acesso em: 22/03/2015.

Seow, S, 2014. **Arduino and Raspberry Pi driver/libraries for nRF24L01**. Disponível em: < [https://github.com/Stanley seow/ RF24](https://github.com/Stanley%20seow/RF24)>. Acesso em: 28/10/2015.

Tiba, C. et al., 2000. **Atlas Solarimétrico do Brasil: banco de dados terrestres**, Editora Universitária da UFPE, Recife.

SOBRE O ORGANIZADOR:

Paulo Jayme Pereira Abdala possui graduação em Engenharia Eletrônica pelo Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca - RJ (1988), mestrado em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (2005) e pós-graduação em Gestão de Aviação Civil pela Universidade de Brasília (2003). Entre 1989 e 2008 foi Chefe do Laboratório de Ruído Aeronáutico e Emissões de Motores do DAC/ANAC, tendo desenvolvido centenas de estudos sobre poluição sonora e atmosférica oriundas da atividade aeronáutica. Foi representante oficial do Brasil em diversos Fóruns Internacionais sobre meio ambiente promovidos pela Organização de Aviação Civil Internacional OACI - Agência da ONU. Foi Coordenador dos Cursos de Engenharia de Produção, Elétrica, Civil e Mecânica na UNOPAR/PG entre 2013 e 2018. Atualmente é Consultor Independente para a AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL, OACI e INFRAERO. Tem experiência na área de Engenharia Eletrônica, atuando principalmente nos seguintes temas: acústica, meio ambiente e pedagogia (metodologia TRAINAIR/OACI).

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-067-4



9 788572 470674