

## SMART GRID PARA O PROJETO DE MICROGERAÇÃO DE ENERGIA SOLAR COMPARTILHADA COM CPFL E CAMPUS IFSP – PARTE I

GUILHERME FIGUEREDO ALVES<sup>1</sup>, JOÃO VÍTOR SILVA ROBAZZI<sup>2</sup>, PIO ANTÔNIO DE  
FIGUEIREDO<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Graduando em Engenharia Elétrica, Bolsista PIBIFSP, IFSP, Campus Sertãozinho, Pesquisador do Grupo Sistema Elétrico de Potência GSEP– CNPq, gui.figuereado@hotmail.com

<sup>2</sup> Mestre em Engenharia na área de Pesquisa Operacional Aplicada e Otimização, docente do curso de Engenharia Elétrica IFSP Sertãozinho, Pesquisador do Grupo Sistema Elétrico de Potência, GSEP – CNPq, robazzi@ifsp.edu.br

<sup>3</sup> Doutor em Engenharia Elétrica, docente do curso de Engenharia Elétrica IFSP Sertãozinho, Pesquisador do Grupo Sistema Elétrico de Potência GSEP – CNPq, piofig@ifsp.edu.br

Área de conhecimento (Tabela CNPq): 3.04.04.01-0 Geração da Energia Elétrica

Apresentado no  
10º Congresso de Inovação, Ciência e Tecnologia do IFSP  
27 e 28 de novembro de 2019- Sorocaba-SP, Brasil

**RESUMO:** O presente projeto de pesquisa está desenvolvendo um sistema denominado *Smart Grid*, ou “rede inteligente”, que vai se integrar ao sistema de distribuição de energia elétrica a partir de células fotovoltaicas, de forma a ampliar sua eficiência operacional. Este projeto tem como objetivo a criação de um sistema de monitoramento da produção de energia elétrica através de placas fotovoltaicas, em que os dados como tensão, corrente, consumo de energia do sistema, energia gerada pelas placas e temperatura das placas poderão ser acessados por computadores ou smartphones por meio da rede de internet e, conseqüentemente, formarão um banco de dados que permite integrar um sistema inteligente como uma rede neural ou sistema fuzzy, úteis para fazer previsões de geração e análise de eficiência das placas.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Smart Grid*; Sistemas Inteligentes; Energia Solar Fotovoltaica.

### SMART GRID FOR MICROGENERATION SOLAR POWER PROJECT SHARED BETWEEN CPFL AND CAMPUS IFSP - PART I

**ABSTRACT:** The present research project is developing a system called Smart Grid that will integrate to the power distribution system from photovoltaic cells in order to increase its operational efficiency. This project aims to create a system for monitoring the production of electricity through photovoltaic plates, where data such as voltage, current, system energy consumption, generated energy by the plates and temperature of the plates can be accessed by computers or smartphones through the internet network and consequently will form a database that allows integrating an intelligent system such as a neural network or fuzzy system, useful for making generation predictions and plates efficiency analysis.

**KEYWORDS:** Smart grid; Intelligent Systems; Photovoltaic Solar Energy.

### INTRODUÇÃO

*Smart grid* é o termo geralmente usado para descrever a integração dos elementos da rede elétrica com uma infraestrutura de informação, oferecendo inúmeros benefícios tanto para os geradores e distribuidores como para os consumidores de eletricidade. Um sistema elétrico inteligente comuta toda

a oferta de energia através da rede de distribuição, gerenciando a demanda de energia através de um sistema de comunicação. Portanto, a inteligência da rede reside na capacidade dos dispositivos de se comunicar, trocando informações que permitem construir uma rede mais segura e mais eficiente. Assim, redes elétricas inteligentes, ou *smart grids*, podem oferecer e controlar diversas fontes de energia, permitindo que os usuários escolham quais fontes utilizar e em quais horários, de tal forma a reduzir custos e diminuir os riscos de sobrecarga na rede (LOPES Y. et al., 2012).

O projeto está desenvolvendo um *Smart Grid* que integrará um sistema de produção de energia por meio de placas fotovoltaicas, que será instalado na Instituição, atendendo à normatização da ANEEL (ANEEL, 2012). O sistema monitora algumas variáveis como tensão, corrente e temperatura, por meio de um sensor de tensão e corrente e sensor de temperatura do ambiente. Outra importante informação obtida por meio da internet (de forma automática e em tempo real por meio de softwares) são dados referentes à previsão do tempo do local, buscando dados como quantidade de nuvens, velocidade do vento e umidade. Todas essas informações obtidas podem, assim, ser acessadas por meio da internet através de computadores e smartphones e integrarão um banco de dados que será utilizado no treinamento de sistemas inteligentes, tais como redes neurais e sistemas fuzzy, dados esses que são úteis para compor previsões de geração e análise de eficiência das placas fotovoltaicas.

## MATERIAL E MÉTODOS

Para realização das medições, o projeto utilizou o kit disponível no laboratório de Eficiência Energética e Energia Renovável da Instituição, o qual é composto de quatro placas solares e um inversor de frequência, utilizado em conjunto com um controlador de carga e baterias (para uso em sistemas off grid), como apresentado na FIGURA 1.



FIGURA 1. Kit de geração energia a partir de células fotovoltaica:  
1- Painel solar; 2- Inversor de frequência.

As medições contaram também com um microcontrolador com acesso à internet e sensores para a montagem de um sistema de monitoramento da geração de energia elétrica. Foram adquiridos, com recursos do próprio projeto, um microcontrolador ESP32, um sensor de tensão e corrente denominado INA219 e um sensor de temperatura DS18B20, conforme destacados na FIGURA 2 a seguir:

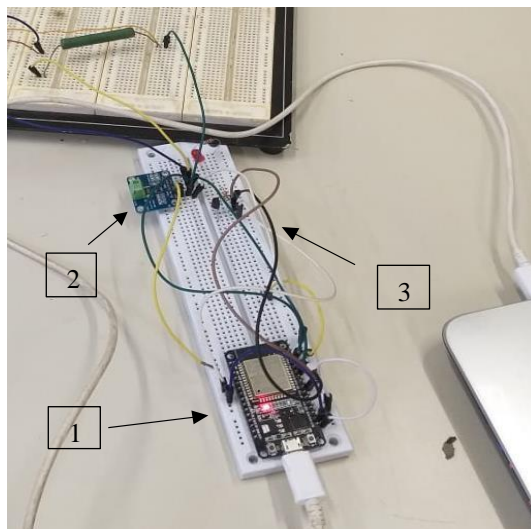


FIGURA 2. Bancada de teste do experimento, com os sensores: 1- ESP32 (microcontrolador); 2- INA219 (sensor de tensão e corrente); 3- DS18B20 (sensor de temperatura).

Referente à Metodologia, o trabalho foi subdividido em três etapas, a saber:

*1-Levantamento bibliográfico sobre redes inteligentes:* Realização de levantamento bibliográfico em revistas, sites e artigos científicos sobre o tema Smart Grid, buscando informações que ajudaram a fundamentar e definir o melhor tipo de projeto a ser realizado.

*2-Definição do Sistema a ser aplicado:* Foi definida a criação de um sistema de monitoramento que possa ser acessado pela internet e que crie um banco de dados com as informações coletadas, com o propósito de integrar um sistema inteligente tal como uma rede neural ou sistema fuzzy.

*3-Dimensionamento da infraestrutura (redes informáticas e lógicas) para aplicação do sistema a ser definido:* Foi definido que as informações dos sensores seriam lidas pelo microcontrolador ESP32 e enviadas pela internet através de um protocolo de comunicação entre máquinas chamado MQTT (Message Queuing Telemetry Transport), que utiliza um sistema intermediário chamado MQTT Broker (instalado em um computador) para receber e reenviar tais mensagens a aparelhos conectados a ele pela internet. Em paralelo, os dados enviados são salvos em um banco de dados para ser utilizado em um sistema inteligente.

O protocolo MQTT define dois tipos de entidades na rede: um message broker e inúmeros clientes. O broker é um servidor que recebe todas as mensagens dos clientes e, em seguida, roteia essas mensagens para os clientes de destino relevantes. Um cliente é qualquer coisa que possa interagir com o broker e receber mensagens. Um cliente pode ser um sensor de IoT em campo ou um aplicativo em um data center que processa dados de IoT (YUAN M,2017).

O presente projeto do *Smart Grid* utiliza um MQTT broker (hospedado em um computador), que é um gerenciador que recebe mensagens enviadas por meio do protocolo MQTT. Esse gerenciador utiliza a lógica de publicadores e inscritos.

A lógica “publicadores” cria tópicos para os quais enviam mensagens e, nesse sistema, os “publicadores” são o ESP32 e um software criado em Python que recolhe informações extras da internet referentes ao clima e encaminham esses dados ao broker. Já a lógica denominada “inscritos” são os dispositivos que recebem as mensagens, que, nesse caso, será o banco de dados e com a possibilidade de receber outros dispositivos com acesso à internet, como computadores e smartphones.

A FIGURA 3 apresenta, de modo esquemático, o funcionamento da rede de comunicação, apresentando o fluxo de informação. Inicialmente, os dados são lidos pelo ESP32 e transmitidos via internet com o protocolo MQTT e, a seguir, os dados chegam ao MQTT broker e, a partir dele, são distribuídos entre os usuários, que podem acessá-los através de seu celular ou computador remoto.

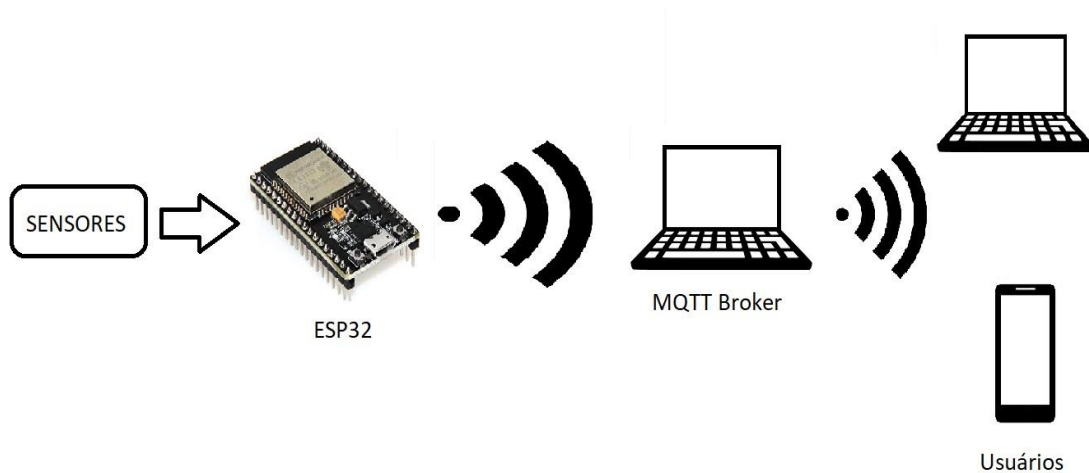


FIGURA 3. Funcionamento da rede de comunicação.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O projeto mostra resultados satisfatórios, e já consegue criar um banco de dados com as informações lidas pelos sensores, bem como “publicá-las” online em tempo real, compartilhando as informações com outros dispositivos.

A TABELA 1 mostra a estrutura do banco de dados que está sendo criado com as informações do protótipo. Os dados apresentados são resultados de testes feitos com a placa fotovoltaica montada no interior do laboratório, portanto não estava exposta à luz solar, o que justifica a baixa geração de energia, e a fonte de luz utilizada foi um conjunto de lâmpadas incandescentes, em um circuito de teste utilizando como carga um resistor de 1000 ohms.

TABELA 1. Estrutura do Banco de Dados

Id	Data/hora	Tensão (V)	Corrente (mA)	Potência (mW)	Temperatura (°C)	Nuvens	Vento (m/s)	Umidade (%)
1	26/08/2019 14:27	2.52	2.50	5,02	23.88	clear sky	3.1	27
2	26/08/2019 14:28	2.31	2.30	5,31	23.88	clear sky	2.1	23
3	26/08/2019 14:28	2.98	2.30	6,85	23.88	clear sky	2.1	23
4	26/08/2019 14:29	2.97	2.30	6,83	23.88	clear sky	2.1	23
5	26/08/2019 14:30	2.82	3.00	8,46	23.88	clear sky	2.1	23
6	26/08/2019 14:31	3.08	2.70	8,32	23.81	clear sky	2.1	23

Os dados na TABELA 1, referentes a nuvens, vento e umidade, foram obtidos utilizando-se uma API (Interface de Programação de Aplicações). O programa utilizado captou esses dados, conforme a localização fornecida do local de estudo, porém, para as análises desse experimento, não devemos levar em consideração esses dados, uma vez que a placa solar não estava localizada em um ambiente externo.

Os dados apresentados nessa tabela já podem ser apresentados na tela do smartphone ou computador, de forma que o usuário do sistema possa avaliar os resultados “online”.

O projeto permite ter acesso a informações tais como tensão e corrente gerada pelas placas fotovoltaicas, temperatura do ambiente e dados referentes à previsão do tempo do local de instalação do sistema fotovoltaico, tais como movimentação e incidência de nuvens, velocidade do vento e umidade do ar. Todos esses dados são coletados dos sensores e via internet e formam um banco de dados desenvolvido através do Python com a biblioteca SQLite3. Nesse trabalho já está sendo construído esse banco de dados.

A recepção dos dados pode ser feita com smartphones e computadores através de aplicativos e softwares que permitam a conexão com um MQTT broker. Essas situações de comunicação com smartphones e computadores foram testadas com resultados satisfatórios.

## **CONCLUSÕES**

Analisando essa parte do projeto global do sistema de geração de energia compartilhada, no que se refere ao projeto *Smart Grid*, o mesmo já está operando de modo que as obtensões das variáveis propostas para análise e utilização no projeto global de geração de energia solar estão sendo armazenadas em um banco de dados preliminar. As medições realizadas no protótipo têm apresentado resultados próximos dos valores reais, em comparação com medidas realizadas de forma pontuais, utilizando de outros equipamentos de medida, como multímetros e termômetros, que não estão interligados no sistema proposto. Esses resultados comprovam a eficácia do *Smart Grid* em construção.

## **AGRADECIMENTO**

Agradeço ao IFSP pela concessão da bolsa-pesquisa PIBIFSP que viabilizou a realização desse projeto, bem como ao Eder Oliveira, que me auxiliou nos testes práticos.

## **REFERÊNCIAS**

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). Geração Distribuída. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/geracao-distribuida>. Acessado em: 18/10/2018.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). Resolução Normativa n. 482, de 17 de abril de 2012. Brasília: 2012

LOPES, Y. et al. Smart Grid e IEC 61850: Novos Desafio em Redes e Telecomunicações para o sistema elétrico. XXX Simpósio Brasileiro de Telecomunicações - SBrT'12, 13-16 de setembro de 2012. Brasília:2012.

YUAN, Michael. Conhecendo o MQTT. IBM, 2017. Disponível em: <https://www.ibm.com/developerworks/br/library/iot-mqtt-why-good-for-iot/index.html>. Acessado em: 06/10/2019.