

# Plataforma IOT para Supervisão de Usina Fotovoltaica e Automação Predial com Validação no Ministério da Defesa do Brasil

Liomar de Miranda Leite<sup>1</sup>, Ricardo Staciarini Puttini<sup>1</sup>, Rafael T. De Souza Jr<sup>1</sup>,  
Georges Daniel Amvame Nze<sup>1</sup>, Fábio Lúcio Lopes de Mendonça<sup>1</sup>

liomar.leite@aluno.unb.br; puttini@unb.br; desousa@unb.br; georges@unb.br;  
fabio.mendonca@redes.unb.br

<sup>1</sup> Universidade de Brasília, UNB, CEP: 70.910-900, Brasília-DF, Brasil

Pages: 279-293

**Resumo:** As grandes organizações têm realizado nos últimos anos grandes investimentos em fontes alternativas de energia, tendo como objetivo central a desoneração financeira a médio prazo e previsibilidade no planejamento de consumo energético. Porém, as soluções comumente empregadas não preveem um acompanhamento efetivo e não integram as mais diversas informações de consumo e operacionalidade. Este artigo trata da concepção e desenvolvimento de uma plataforma de supervisão de IoT (*Internet of Things*), com supervisório baseado em sistemas SCADA (*Supervisory Control And Data Acquisition*), estabelecendo indicadores e dados de operacionalidade predial, com a utilização de recursos do Protocolo HTTP/Web, computação em nuvem e as orientações do modelo de arquitetura de software RESTful. A validação da proposta envolve verificações a partir da monitoração da usina de energia fotovoltaica instalada no Ministério da Defesa (MD), na Esplanada dos Ministérios, Brasília-DF, onde a plataforma prototipada integra os componentes inteligentes da usina, como inversores, otimizadores de potência, microcontroladores, sensores de temperatura e umidade. Mostra-se assim as funcionalidades e resultados da monitoração remota da planta de geração e dos dispositivos de integração predial nela disponíveis.

**Palavras-chave:** IoT, Usina Fotovoltaica, Supervisão, Plataforma IoT, Modelo RESTful.

## *IOT Platform for Supervision of Photovoltaic Plant and Building Automation with Validation in the Ministry of Defense of Brazil*

**Abstract:** In recent years, large organizations have made major investments in alternative energy sources, with the central objective of medium-term financial tax and predictability in energy consumption planning. However, the commonly used solutions do not provide for effective monitoring and do not integrate the most diverse information on consumption and operability. This article is intended to design and develop an Internet of Things (IoT) supervision platform, with supervisory based on Supervisory Control And Data Acquisition (SCADA) systems,

establishing indicators and building operability data, using HTTP/Web Protocol resources, cloud computing and restful software architecture model guidelines. The validation of the proposal involves verifications from the monitoring of the photovoltaic power plant installed in the Ministry of Defense (MD), on the Esplanade of Ministries, Brasília-DF, where the prototype platform integrates the intelligent components of the photovoltaic plant, such as inverters, power optimizers, microcontrollers, temperature and humidity sensors. This shows the functionalities and results of remote monitoring of the generation plant and building integration devices available therein.

**Keywords:** IoT, Photovoltaic Plant, Supervision, IoT Platform, RESTful Model.

## 1. Introdução

Ao longo dos anos, estamos acompanhando a crescente demanda por energia elétrica no Brasil, estabelecendo um enorme desafio para a capacidade de geração de energia, uma vez que as fontes geradoras são limitadas e influenciadas por diferentes variáveis de produção, interesses econômicos e políticos.

O setor elétrico brasileiro é centralizado na geração hidráulica, e esse aproveitamento hidrelétrico é de apenas 33% do seu potencial, o restante da capacidade hídrica para geração de energia se encontra na região amazônica (Empresa de Pesquisa Energética – EPE, 2022), onde os impactos ambientais para a implantação de novas usinas hidrelétricas seriam gigantescos. Com isso, a necessidade de criação de gerações alternativas de energia renovável aumentou nos últimos anos, com a energia solar fotovoltaica conectada a rede se destacando nesse contexto.

Com todo esse potencial de crescimento em um mercado ávido por novas soluções e melhorias, potencializado por resoluções e leis nacionais que visaram incentivar o setor de energia solar, vários estudos têm abordado maneiras de supervisionar remotamente as instalações das usinas fotovoltaicas com dados em tempo real, a fim de proporcionar maneiras de mitigar problemas, proporcionando uma vida útil maior das instalações e controle dos ativos.

As usinas Fotovoltaicas são compostas por diversos componentes com capacidade de sensoriamento, comunicação e processamento. Neste contexto, o termo Internet das Coisas (IdC) expressa todo o esforço do desenvolvimento para concatenar os diferentes dispositivos, linguagens, sistemas e protocolos em resultados práticos e acessíveis.

Com o mercado de equipamentos e aplicativos para IdC em plena expansão, investimentos de grandes multinacionais de bilhões de dólares impulsionam este mercado, como o efetuado recentemente pela IBM de US\$ 3,0 bilhões (BASSI, S., 2015) ou pela Samsung de US\$ 1,2 bilhões (FINGAS, J. 2016). É possível que dentro de alguns anos tenhamos em casa “centrais de controle”, versões mais poderosas da atual Amazon Echo ou do Google Home (BOHN, D; 2016). Estes dispositivos seriam responsáveis por fornecer a conexão à internet, sugestões e lembretes, totalizar os dados de geração do painel solar, da rede elétrica por Smart Grid, etc.

Como projeto pioneiro na Esplanada dos Ministérios em Brasília-DF, em implantar uma Usina Fotovoltaica (FV) nas coberturas do Edifício do Ministério da Defesa (MD), este trabalho visou desenvolver uma plataforma de supervisão das instalações da

usina FV do MD, utilizando os dispositivos inteligentes da mesma, como Inversores, Otimizadores de potência e Medidores de Energia, estabelecendo critérios de aquisição, tratamento e disponibilização de dados do sistema via uma interface gráfica Web service interativa para o usuário, utilizando um software tipo SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition), computação em nuvem e as orientações do Modelo de Arquitetura de Software RESTful.

Em síntese este trabalho tem como objetivo principal a implementação de uma plataforma de supervisão gráfica de exibição dos dados aos usuários de fácil uso, intuitiva, consolidando os dados em um dashboard, que esteja disponível para o usuário através de uma página de internet ou aplicativo celular, da mini usina fotovoltaica de 520 kWp (kilo Watt pico de Energia) instalada no Ministério da Defesa em Brasília-DF.

Além do desenvolvimento de um sistema de monitoramento via WEB Services (WS) e dispositivos móveis, o presente trabalho também apresenta análises de desempenho da usina fotovoltaica, permitindo o monitoramento contínuo e em tempo real dos dispositivos, detecção de falhas, análise financeira da produção de energia e fatores de economia.

## **2. Trabalhos Correlatos**

Na literatura, observa-se alguns trabalhos correlatados para implantação de supervisão utilizando IoT em usinas fotovoltaicas. Em (QAYS, Md Ohirul et al; 2022) os autores desenvolvem um aplicativo para o sistema de Controle de Supervisão e Aquisição de Dados (SCADA) para monitorar um sistema híbrido que compreende sistemas fotovoltaicos, eólicos e armazenamento de energia em baterias.

Em (Duaire, Jaafar J et al; 2022) os autores implementam um sistema de controle de supervisão e aquisição de dados baseado em IoT para um sistema inteligente composto por uma matriz solar fotovoltaica (FV), banco de baterias e um gerador diesel, realizando toda a conexão sem fio e utilizando a arquitetura SCADA para gerar confiabilidade ao sistema, para os indicadores de falha nos subsistemas e falta de energia.

Em (Aghenta, Lawrence Oriaghe et al; 2019) os autores desenvolveram um sistema SCADA baseado em IoT que incorpora serviços Web com o SCADA convencional para um controle e monitoramento de supervisão mais robusto, utilizando um microcontrolador ESP32A de baixa potência, um microcontrolador Raspberry Pi e um roteador Wi-Fi local.

Em (Shapsough, Salsabeel et al. 2018) os autores apresentam uma nova arquitetura baseada em IoT que utiliza tecnologias de hardware, software e comunicação de IoT, para permitir o monitoramento e o gerenciamento em tempo real de sistemas solares fotovoltaicos em grandes escalas. O sistema permite que os gestores controlem e monitorem remotamente os sistemas fotovoltaicos e avaliem os efeitos de vários fatores ambientais, como clima, qualidade do ar e sujeira.

Em (Lamnatou, Chr, D. Chemisana, and C. Cristofari; 2022) os autores revisam a situação atual das redes inteligentes em relação ao sistema fotovoltaicos, armazenamento de energia, integração da tecnologia nos edifícios e impactos ambientais produzidos e ainda a produzir.

Verifica-se que os trabalhos encontrados na literatura buscam soluções de supervisão IoT para usinas fotovoltaicas com custo baixo de implementação, uma vez que sistemas caros tendem a serem descontinuados. Os trabalhos também focam na simplificação de interface para todos os tipos de usuários, obtendo dados para orientar possíveis tomadas de decisões técnicas e econômicas.

O presente trabalho diferenciou dos trabalhos relacionados acima em buscar uma implementação gráfica e amigável para o usuário, com o desafio de tratar em tempo real uma quantidade significativa de dados utilizando conceitos de arquitetura de Software RESTful, possibilitando também acesso a plataforma apenas utilizando dispositivos móveis, contribuindo para soluções em sistemas integrados de supervisorio de manutenção predial do tipo SCADA.

### 3. Metodologia

A partir da instalação física da mini usina FV no MD de 520 kWp (kilo Watt pico), desenvolveu-se uma plataforma IoT para aquisição e tratamento de todos os dados de supervisão gerados, permitindo também à disponibilização dos dados de maneira interativa para o usuário através de várias Interfaces Programáveis de Aplicação. Analisou-se também o comportamento das grandezas físicas extraídas dos componentes inteligentes da usina FV, além do desenvolvimento de rotinas de comunicação e respostas dos componentes instalados, resultando em alertas de falhas nos componentes e consequente intervenção preventiva e preditiva nos ativos instalados.



Figura 1 – Arranjo lógico parcial da usina.

Nas instalações da usina FV do MD, encontram-se 1600 módulos de silício policristalino de 325 Watts cada, 800 unidades de Otimizador de Energia de 700 W/125V, 18 inversores de 27,6 kWp da fabricante SolarEdge e um medidor de Energia Inteligente integrado aos inversores, produzindo o arranjo lógico apresentado na **Figura 1**. Cada Inversor está conectado a 3 Strings com 30 Painéis e 15 Otimizadores de potência cada.

### 3.1. Módulo de Comunicação da Usina FV

Os inversores instalados capturam todas as informações da operação da usina, obtendo os dados de grandezas Físicas como Corrente Elétrica em Ampère (A) em cada arranjo por exemplo. Com todos esses componentes rastreáveis através dos protocolos de comunicação TCP/IP, utilizou-se o protocolo Modbus RTU que é baseado na comunicação mestre-escravo, com padrão físico RS-485, para conectar todos os 18 inversores no mesmo barramento para aquisição e transmissão de dados, **Figura 2**.

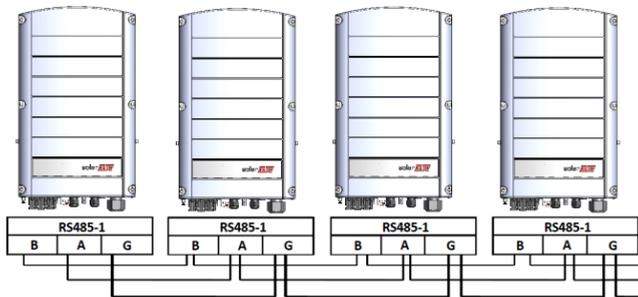


Figura 2 – Esquema de Ligação RS-485.

Os dados de geração da usina FV foram requisitados diretamente dos inversores, com a plataforma de prototipagem microcontrolada Arduino e a placa SE-SGM-R12-US-S1, **Figura 3**, para realizar a aquisição de dados e transferência para um servidor na nuvem, com frequência de envio de dados a cada 15 minutos.



Figura 3 – Placa SE-SGM-R12-US-S1

A plataforma de monitoramento e aquisição de dados foi desenvolvida através do software SCADABR, que é um software livre e open-source sem restrições de uso, sem limites de Tags ou Data Points.

A Ferramenta SCADABR estabelece configuração inicial e conexão do datalogger da Placa SE-SGM-R12-US-S1 com um computador através de uma rede local, onde cria-se um Data Source do tipo Modbus IP, **Figura 4**.

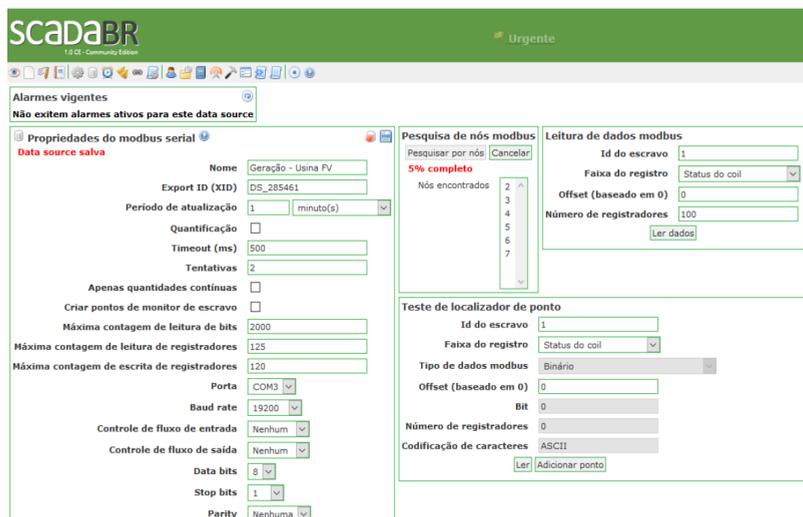


Figura 4 – Configuração de Data Source para equipamentos Modbus na rede e monitoramento da geração fotovoltaica.

### 3.2. Modo Gráfico

Através de data points no software SCADABR, cria-se as variáveis para cada inversor. Ao todo foram criados 15 pontos de dados para cada um dos 18 inversores, resultando em um total de 270 pontos de dados, **Figura 5**.

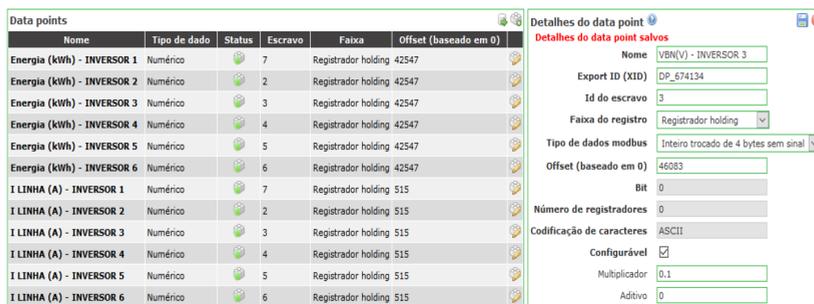


Figura 5 – Configuração dos pontos de dados dos inversores.

Para a implementação do modo gráfico, utilizou-se o esquemático de aquisição e transferência dos dados conforme **Figura 6**.

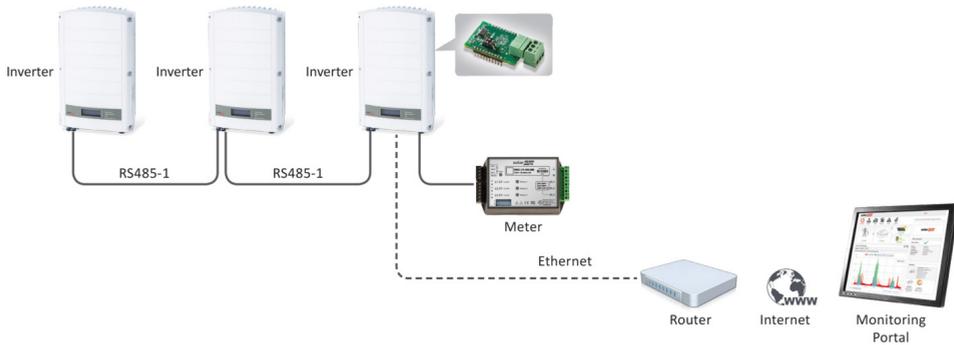


Figura 6 – Esquemático de transferência de dados para o modo gráfico.

Os comandos de implementação foram realizados diretamente no microcontrolador Arduino da placa SE-SGM-R12-US-S1, gerando um algoritmo do firmware baseada na biblioteca ModbusMaster, que falicit a direcionamento das requisições para os Data points configurados em cada inversor, como demonstrado na **Figura 7**.

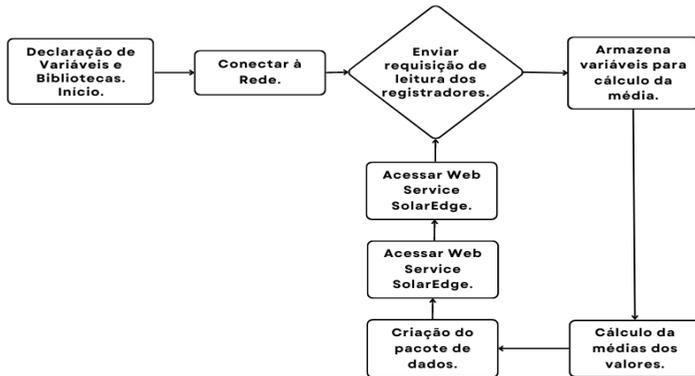


Figura 7 – Firmware de aquisição dos dados do Microcontrolador Arduino.

Via Interface de Programação de Aplicativos (API) disponível pela fabricante dos inversores, SolarEdge, com o módulo Cloud-Based, possibilitou-se a integração com a plataforma desenvolvida em SCADA, gerando uma interface mais amigável ao desenvolvedor e usuário.

Esses Serviços Web permitem o acesso aos dados salvos no servidor de monitoramento, mantendo os dados protegidos para usuários autorizados.

A API SolarEdge permite que aplicativos de software acessem seu banco de dados do sistema de monitoramento para fins de análise de dados, gerenciamento, exibição de dados do sistema em outros aplicativos, etc.

Na tabela 1, é listada os recursos de configuração e respostas das API disponibilizadas pelo fabricante SolarEdge.

<b>Nome da API</b>	<b>Retorno da API</b>
<i>Site List</i>	Uma lista de sites para uma determinada conta, com as informações em cada site. Esta lista permite conveniente pesquisa, classificação e paginação.
<i>Site Details</i>	Escolha dos Detalhes
<i>Site Data</i>	As datas de início e termino da produção de energia do local
<i>Site Energy</i>	Medições de energia do local
<i>Site Energy - Time Period</i>	Energia do local para um prazo solicitado
<i>Site Power</i>	Medições de potência do local em uma resolução de 15 minutos
<i>Site Overview</i>	Energia atual do local, produção de energia (hoje, este mês, vida útil) e receita vitalícia
<i>Site Power</i>	Medições detalhadas de potência do local, incluindo medidores como consumo, exportação (feed-in), importação (compra), etc.
<i>Site Energy</i>	Medições detalhadas de energia do local, incluindo medidores como consumo, exportação (feed-in), importação (compra), etc.
<i>Site Power Flow</i>	Obtenha o fluxograma de energia do site
<i>Storage</i>	Obtenha informações detalhadas de armazenamento de baterias, incluindo o estado de energia, energia e vida útil energia.
<i>Site Image</i>	A imagem do site como carregada no servidor, dimensionada ou de tamanho original.
<i>Site Environmental Benefits</i>	Resumo do impacto positivo do site no meio ambiente
<i>Installer Logo Image</i>	A imagem do logotipo do instalador como enviada para o servidor
<i>Components List</i>	Lista de inversores com nome, modelo, fabricante, numero de serie e status
<i>Inventory</i>	Informações sobre o equipamento SolarEdge, incluindo: inversores/SMIs, baterias, medidores, gateways e sensores
<i>Inverter Technical Data</i>	Dados técnicos sobre o desempenho do inversor por um período de tempo solicitado
<i>Equipment Change Log</i>	Lista de substituições para um determinado componente
<i>Account List API</i>	A lista de sensores instalados no site
<i>Get Sensor List</i>	Dados técnicos sobre o desempenho do inversor por um período de tempo solicitado
<i>Get Sensor Data</i>	As medições dos sensores instalados no local
<i>Get Meters Data</i>	Informações sobre cada medidor no site, incluindo: energia vitalícia, metadados e o dispositivo para a que está conectado.
<i>API Versions</i>	Os números de versão atuais e suportados

Tabela 1 – Lista de APIs SolarEdge Disponíveis para aplicações.

Sendo as APIs apresentadas serviços RESTful, com as seguintes características de aplicação:

- Usa URLs previsíveis e orientados a recursos.
- Possui recursos HTTP incorporados para passar parâmetros através da API.
- Responde com códigos HTTP padrão.
- Retorna resultados em XML, JSON (incluindo suporte jsonp) ou formato CSV.

O formato e os parâmetros da solicitação são especificados por cada API e estão em conformidade com as formas HTTP e REST. A ordem do parâmetro na solicitação não é significativa, tendo o ordenamento gráfico a critério do desenvolvedor.

### 3.3. Implementação da Plataforma

A partir das API SolarEdge, realiza-se cadastro no site das aplicações e acesso ao servidor em nuvem, onde é disponibilizado canais para configuração das APIs, com os respectivos valores das funções a serem assistidas.

Em cada aba, “API Keys” ficam disponíveis as chaves de escrita e leitura que são exclusivas de cada canal. As API disponíveis permitem o endereçamento dos dados adquiridos via plataforma microcontrolada e da plataforma desenvolvida em SCADABR, possibilitando inúmeras configurações de visualização e tratamento dos dados adquiridos.

Como exemplo de uma API implementada, tem-se a API Site Energy, onde é realizado a requisição dos pacotes de dados obtidos do medidor de energia para cada arranjo de inversor. Configura-se os parâmetros Data inicial, Data final e Unidade de Tempo com variáveis do tipo String e saída JSON. A **Figura 8** exemplifica a aplicação API Site Energy configurada graficamente para resposta da produção de energia diária dos inversores da usina FV no MD.

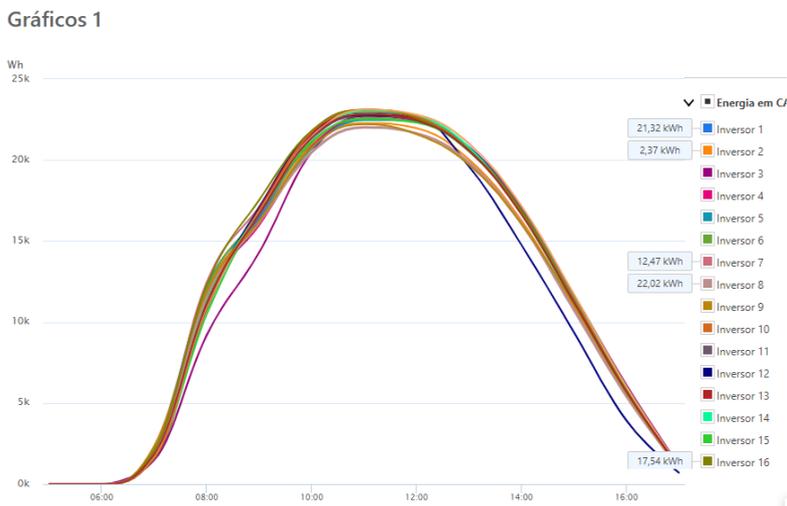


Figura 8 – Gráfico de produção de energia diária dos inversores da usina FV do MD.

## 4. Resultados e Discussão

Conforme o desenvolvimento mostrado para criação da plataforma do tipo SCADA para a configuração de todos os pontos de dados, totalizando 270 variáveis da usina FV do MD em observação, como aferição de grandezas físicas instantâneas, status de operação, alertas de problema de geração de Energia nos equipamentos, etc, a implementação das listas de observação gráfica foi estruturada para facilitar a utilização por qualquer usuário.

Para efeito de máximo aproveitamento de dados, todos os parâmetros foram desenvolvidos para aquisição de dados com menor intervalo de tempo possível no microcontrolador Arduino e transmitido integralmente para o Cloud Server a cada 15 minutos, gerando um efeito instantâneo nos dados observados, porém com atualização despassada.

Os dados de maior interesse para a tomada de decisão na manutenção dos ativos da usina FV do MD foram dispostos juntos em um Dashboard gráfico, através das APIs disponíveis do fabricante dos Inversores, SolarEdge. A **Figura 9** apresenta a interface gráfica com a disposição dos dados em observação instantânea para a produção de energia, bem como a estimativa financeira.

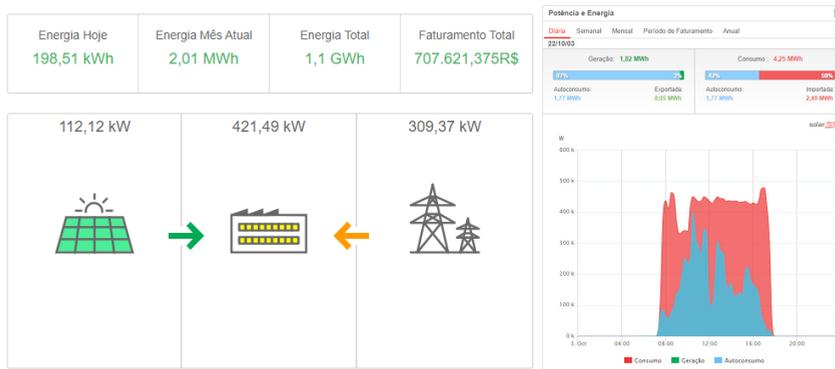


Figura 9 – Gráfico com os dados de produção e consumo de energia diária.

A **Figura 10** apresenta a implementação gráfica para acompanhamento do status de conexão ModBUS da usina com a plataforma SCADA desenvolvida.

A **Figura 11** ilustra a implementação gráfica de alertas emitidos de falhas nos Inversores, indicando o tipo e a localização da falha.

A solução proposta para a aquisição de dados de geração a partir do armazenamento interno dos inversores é eficaz e garante a confiabilidade dos dados obtidos. As API Solar Edge se mostraram uma ferramenta de auto desempenho para supervisão dos componentes instalados na usina FV do MD.

Status	Ativo
ID	1542623
Nome	MINISTÉRIO DA DEFESA
Endereço	Esplanada dos Ministérios - A... Brasília, Distrito Federal, Brazil
Data de Instalação	17/03/2020
Última Atualização	04/10/2022 02:05
Potência-Pico	528 kWp

Figura 10 – Status de conexão ModBus com a plataforma SCADA desenvolvida.

Nome do site:	MINISTÉRIO DA DEFESA	Aberto:	27/02/2021 13:17
Alert Type:	Inversor - Detectado Problema de Geração	Componente:	Inverter 4
Categoria:	Equipamento	Status:	Fechado 01/03/2021 08:22
Impacto:	8	SN:	7E170A78-17
Descrição:	Inversor - Problema detectado na produção		

Figura 11 – Alerta de falha de funcionamento de um inversor emitido pela aplicação.

Para aplicação em dispositivos móveis, foi possível implementar o monitoramento de acompanhamento de produção energético, status de conexão do sistema e alarmes de possíveis falhas no sistema, não sendo possível extrair informações de grandezas físicas dos inversores instalados.

De forma geral a plataforma IoT desenvolvida cumpriu com seus objetivos na implementação via Web Service e também para dispositivos móveis.

Para implementação da plataforma desenvolvida em dispositivos móveis, a grande maioria das API desenvolvidas para web funcionaram para aparelhos móveis, onde foi utilizado para teste, o aplicativo MysolarEdge gratuito, sendo possível apenas visualização, **Figura 12**.



Figura 12 – Visualização da plataforma em dispositivos móveis.

## 5. Agradecimentos

Este trabalho teve como apoio em parte pelo CNPq - Conselho Nacional de Pesquisa (Processo 310941/2022-9 PQ-1D), em parte pela FAPDF - Fundação de Amparo à Pesquisa do Distrito Federal (Processo 625/2022 SISTeR City), em parte pela Universidade de Brasília (Ofício 7129 UnB COPEI), em parte pelo projeto AMORIS – Aplicativo Móvel e Central de Comando e Controle sobre Rede IoT para Suporte a Ações de Solidariedade no Combate ao COVID-19 e outros Surtos pela Procuradoria-Geral da União (Ofício AGU 697.935/2019), em parte pelo Conselho Administrativo de Defesa Econômica (Ofício CADE 08700.000047/2019-14), e em parte pelo Procuradoria Geral da Fazenda Nacional (Processo PGFN 23106.148934/2019-67).

## 6. Conclusões

Neste trabalho foram apresentadas as etapas de projeto, especificação e implantação de uma plataforma IoT de supervisão da usina fotovoltaica instalada no Ministério da Defesa em Brasília-DF.

Utilizando um sistema SCADA gratuito, SCADABR, em conjunto com as API SolarEdge disponíveis em um servidor cloud, o layout desenvolvido possui recursos gráficos que facilitam o monitoramento, disponibilização dos dados em tempo real, armazenamento de todo o histórico de produção, permitindo a comparação por períodos, além de possibilitar aferições de grandezas físicas dos componentes instalados, bem como extrair gráficos de desempenho.

Para aplicação Mobile, a implementação ocorreu de maneira satisfatória, podendo ser acompanhado de maneira resumida os indicadores de produção e status do sistema, tendo ainda alarmes de ocorrências no sistema.

Considerando que geralmente o monitoramento de usinas utiliza um dispositivo de transferência de dados para cada inversor instalado, o sistema proposto no presente trabalho além de apresentar baixo custo frente as soluções comerciais, possui a vantagem de utilizar apenas um hardware para realizar a aquisição e transferência de dados de todos os inversores conectados ao barramento RS485, reduzindo ainda mais os custos com componentes eletrônicos.

Embora o sistema desenvolvido tenha apresentado funcionamento satisfatório, alguns módulos podem ser explorados para trabalhos futuros, a saber:

- Integração de outros parâmetros prediais na plataforma de monitoramento, onde será necessário investimento de componentes inteligentes e modernização de instalações no Ministério da Defesa.
- Testes na segurança cibernética do sistema;
- Backup do banco de dados utilizado que pertence a um serviço grátis, não apresentando segurança na manutenção dos dados no futuro;
- Implementação de outras APIs como para incremento de informações ao usuário e de acordo com o Plano de Manutenção dos ativos instalados.

## Referências

AGHENTA, LAWRENCE ORIAGHE, and Mohammad Tariq Iqbal. “Low-Cost, Open Source IoT-Based SCADA System Design Using Thingier.IO and ESP32 Thing.” *Electronics (Basel)* 8.8 (2019): 822. Web.

ANNUAL, C.; REPORT, I. White paper Cisco public. 2018.

BASU, S.; DEBNATH, A. *Power Plant Instrumentation and Control Handbook: A Guide to Thermal Power Plants*. Elsevier Science, 2014. ISBN 9780128011737. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=Nso6BAAAQBAJ>>.

BOHN, D. Google Home: a speaker to finally take on the Amazon Echo. 2016. Website The Verge. Disponível em: <<http://www.theverge.com/2016/5/18/11688376/googlehome-speaker-announced-virtual-assistant-io-2016>>.

DUAIR, JAAFAR J, Ammar I Majeed, and Ghusoon M Ali. “Design and Implementation of IoT-Based SCADA for a Multi Microgrid System.” *ECS Transactions* 107.1 (2022): 17345-7359. Web.

FINGAS, J. Samsung pours \$1.2 billion into the Internet of Things. 2016. Site Engadget. Disponível em: <https://www.engadget.com/2016/06/21/samsung-investsin-internet-of-things>.

JUNIOR, R. M. M. *Introdução à Energia Fotovoltaica*. [S.l.]: Universidade Técnica de Lisboa, 2002. v. 1. 1–47 p.

- LAMNATOU, Chr, D. Chemisana, and C. Cristofari. “Smart Grids and Smart Technologies in Relation to Photovoltaics, Storage Systems, Buildings and the Environment.” *Renewable Energy* 185 (2022): 1376-391. Web.
- LEME, M.; TROJAN, F.; XAVIER, A.; FRANCISCO, A. Digital energy management for houses and small industries based on a low-cost hardware. *Revista IEEE América Latina, IEEE, Los Alamitos*, v. 14, n. 10, p. 4275–4278, 2016. ISSN 1548-0992.
- NAKANO, A. Simulação de desempenho energético de tecnologias fotovoltaicas em fachadas de edifício no município de São Paulo. [S.l.]: Dissertação de mestrado. Mestrado em Ciências. Universidade de São Paulo, 2017. v. 1.
- OBI, M.; BASS, R. Trends and challenges of grid-connected photovoltaic systems – a review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 58, p. 1082–1094, 5 2016. ISSN 13640321.
- ORDUZ, R.; SOLÓRZANO, J.; EGIDO, M. ; ROMÁN, E. Analytical study and evaluation results of power optimizers for distributed power conditioning in photovoltaic arrays. *Progress in Photovoltaics: Research and Applications*, v. 21, n. 3, p. 359–373, 2013. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/pip.1188>.
- PEREIRA, E.; MARTINS, F.; GONÇALVES, A.; COSTA, R.; LIMA, F.; RÜTHER, R.; ABREU, S.; TIEPOLO, G.; PEREIRA, S.; SOUZA, J. Atlas brasileiro de energia solar. [S.l.]: Universidade Federal de São Paulo, 2017. ISBN 9788517000898.
- PINHO, J.; GALDINO, M. A. Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos. [S.l.], 2014. v. 1, 1–530 p.
- QAYS, MD OHIRUL, Musse M. Ahmed, M. A. Parvez Mahmud, Ahmed Abu-Siada, S. M. Muyeen, Md Liton Hossain, Farhana Yasmin, and Md Momtazur Rahman. “Monitoring of Renewable Energy Systems by IoT-aided SCADA System.” *Energy Science & Engineering* 10.6 (2022): 1874-885. Web.
- REZK, H.; ELTAMALY, A. M. A comprehensive comparison of different mppt techniques for photovoltaic systems. *Solar Energy*, v. 112, p. 1–11, 2015. ISSN 0038-092X. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0038092X14005428>.
- SANTOS, B. P.; SILVA, L. A. M.; CELES, C. S. F. S.; NETO, J. B. B.; PERES, B. S.; AUGUSTO, M.; VIEIRA, M.; VIEIRA, F. M.; GOUSSEVSKAIA, O. N.; LOUREIRO, A. A. F. *Internet das Coisas: da Teoria à Prática*.
- SEYEDMAHMOUDIAN, M.; MOHAMADI, A.; KUMARY, S.; OO, A. M. T.; STOJCEVSKI, A. A comparative study on procedure and state of the art of conventional maximum power point tracking techniques for photovoltaic system. *International Journal of Computer and Electrical Engineering*, International Academy Publishing (IAP), v. 6, p. 402–414, 2014.

- SHAPSOUGH, Salsabeel, Mohannad Takroui, Rached Dhaouadi, and Imran A. Zualkernan. “Using IoT and Smart Monitoring Devices to Optimize the Efficiency of Large-scale Distributed Solar Farms.” *Wireless Networks* 27.6 (2018): 4313-329. Web.
- SHARIFF, F.; RAHIM, N. A.; PING, H. W. Photovoltaic remote monitoring system based on gsm. In: 2013 IEEE Conference on Clean Energy and Technology (CEAT). [S.l.: s.n.], 2013. p. 379–383.
- SUNNY. SUNNY WebBox with Bluetooth R Wireless Technology. [S.l.]: [urlhttp://files.sma.de/dl/11567/WEBBOXBT- AU111912W.pdf](http://files.sma.de/dl/11567/WEBBOXBT-AU111912W.pdf)>., 2011

© 2023. This work is published under <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>(the “License”). Notwithstanding the ProQuest Terms and Conditions, you may use this content in accordance with the terms of the License.