

SECRETARIA DA EDUCAÇÃO
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E DESENVOLVIMENTO
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO -
CAMPUS TRINDADE

BACHARELADO EM ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO

FERNANDO SOUZA FURTADO CARRILHO

GESTÃO ENERGÉTICA SOLAR COM INTERNET DAS COISAS

TRINDADE

2024

FERNANDO SOUZA FURTADO CARRILHO

GESTÃO ENERGÉTICA SOLAR COM INTERNET DAS COISAS

Artigo apresentado sob orientação do Dr. Professor Rodrigo de Sousa Gomide, para obtenção de grau do curso de Bacharelado em Engenharia de Computação no Campus Trindade do Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

TRINDADE

2024

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano a disponibilizar gratuitamente o documento em formato digital no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

IDENTIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA

- Tese (doutorado) Artigo científico
 Dissertação (mestrado) Capítulo de livro
 Monografia (especialização) Livro
 TCC (graduação) Trabalho apresentado em evento

Produto técnico e educacional - Tipo:

Nome completo do autor:

Fernando Souza Furtado Carrilho

Matrícula:

2019108203030223

Título do trabalho:

Gestão Energética Solar com Internet das Coisas

RESTRIÇÕES DE ACESSO AO DOCUMENTO

Documento confidencial: Não Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: 07 / 10 / 2024

O documento está sujeito a registro de patente? Sim Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? Sim Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O(a) referido(a) autor(a) declara:

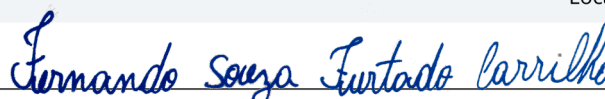
- Que o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- Que obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autoria, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- Que cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Trindade


Local

30 / 09 / 2024

Data


Assinatura do autor e/ou detentor dos direitos autorais

Ciente e de acordo:


Assinatura do(a) orientador(a)



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Ata nº 64/2024 - CE-TRI/GE-TRI/CMPTRI/IFGOIANO

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CURSO

Ao(s) 20 dia(s) do mês de setembro de 2024, às 19 horas e 30 minutos, reuniu-se a banca examinadora composta pelos docentes: Rodrigo de Sousa Gomide (orientador), Adson Silva Rocha (membro), Priscilla Araujo Juá Stecanella (membro), para examinar o Trabalho de Curso intitulado “Gestão Energética Solar com Internet das Coisas” do(a) estudante Fernando Souza Furtado Carrilho, Matrícula nº 2019108203030223 do Curso de Bacharelado em Engenharia de Computação do IF Goiano – Campus Trindade. A palavra foi concedida ao(a) estudante para a apresentação oral do TC, houve arguição do(a) candidato pelos membros da banca examinadora. Após tal etapa, a banca examinadora decidiu pela APROVAÇÃO do(a) estudante. Ao final da sessão pública de defesa foi lavrada a presente ata que segue assinada pelos membros da Banca Examinadora.

(Assinado Eletronicamente)

Rodrigo de Sousa Gomide

Orientador(a)

(Assinado Eletronicamente)

Adson Silva Rocha

Membro

(Assinado Eletronicamente)

Priscilla Araujo Juá Stecanella

Membro

Observação:

() O(a) estudante não compareceu à defesa do TC.

Documento assinado eletronicamente por:

- Priscilla Araujo Jua Stecanella, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 20/09/2024 20:27:03.
- Adson Silva Rocha, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 20/09/2024 19:46:18.
- Rodrigo de Sousa Gomide, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 20/09/2024 19:30:35.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 20/09/2024. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 635860

Código de Autenticação: 084d1fed72



INSTITUTO FEDERAL GOIANO

Campus Trindade

Av. Wilton Monteiro da Rocha, S/N, Setor Cristina II, TRINDADE / GO, CEP 75389-269

(62) 3506-8000

Espaço restrito aos editores de layout da REEC.

GESTÃO ENERGÉTICA SOLAR COM INTERNET DAS COISAS

Solar Energy Management With Internet of Things

Carrilho, Fernando Souza Furtado¹, Gomide, Rodrigo de Sousa²

Espaço restrito
aos editores de
layout da REEC.

PALAVRAS

CHAVE:

Automação Residencial;
Energia Solar;
Node-RED;
Internet das Coisas (IoT);

KEYWORDS:

Home Automation;
Solar Energy;
Node-RED;
Internet of Things (IoT);

RESUMO: Este projeto apresenta um sistema inteligente para gestão de energia em residências com placas solares, integrando Node-RED, InfluxDB e MQTT. O sistema monitora em tempo real a potência gerada pelas placas solares e a temperatura ambiente, otimizando o consumo energético de quatro eletrodomésticos prioritários: geladeira, ar-condicionado, máquina de lavar roupas e forno elétrico. A interface gráfica, desenvolvida em Node-RED, facilita a visualização e controle dos dados. A integração com o Telegram permite que os usuários ativem ou desativem o ar-condicionado com base nas condições de energia e temperatura, promovendo uma gestão eficiente e redução de custos. Três cenários operacionais foram simulados para validar o sistema, demonstrando sua capacidade de ajustar o consumo energético conforme a disponibilidade de energia e necessidades dos usuários. O sistema armazena dados em uma base de dados de séries temporais no InfluxDB e os envia via MQTT, garantindo segurança e acessibilidade. Este projeto demonstra a viabilidade de uma solução de automação residencial sustentável e eficiente, alinhada com tendências globais de uso de energias renováveis e tecnologias de IoT.

ABSTRACT: This project presents an intelligent energy management system for homes equipped with solar panels, integrating Node-RED, InfluxDB, and MQTT. The system monitors real-time power generated by solar panels and ambient temperature, optimizing the energy consumption of four prioritized appliances: refrigerator, air conditioner, washing machine, and electric oven. The graphical interface, developed in Node-RED, facilitates data visualization and control. Integration with Telegram allows users to activate or deactivate the air conditioner based on energy and temperature conditions, promoting efficient management and cost reduction. Three operational scenarios were simulated to validate the system, demonstrating its ability to adjust energy consumption according to energy availability and user needs. The system also stores data in a time-series database in InfluxDB and sends it via MQTT, ensuring security and accessibility. This project demonstrates the feasibility of a sustainable and efficient home automation solution, aligned with global trends in renewable energy use and IoT technologies.

CONTATO COM OS AUTORES:

- e-mail: carrilho.furtado@gmail.com (F.S.F. Carrilho) Bacharelado em Engenharia de Computação, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano - Campus Trindade
- e-mail: rodrigo.gomide@ifgoiano.edu.br (R. S. Gomide) Cientista da Computação, Doutor, Professor, Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano - Campus Trindade

1 INTRODUÇÃO

A energia elétrica é um recurso de fundamental importância para o desenvolvimento da sociedade. Para Acharjee (2013), a energia é o principal vetor do crescimento econômico e social de um país, sendo vital na manutenção da força da economia e da sociedade moderna. Alicerçada pelo crescimento populacional, urbanização e industrialização, a Agência Internacional de Energia (IEA, 2023) projeta um crescimento global acelerado no consumo energético de 50% até 2050.

Em contrapartida, o encarecimento da energia elétrica e sua escassez expressam a urgência de novas fontes de produção. Além do Brasil, outras regiões, como a Europa, estão recorrendo à importação de energia para suprir suas necessidades internas, conforme afirma Gomes (2021).

Frente a essa crescente demanda e à necessidade urgente de reduzir as emissões de carbono no setor energético - cerca de 70% do total global, segundo o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2021) - a busca por soluções energéticas sustentáveis e eficientes se intensifica.

Fares e Weber (2017) sugerem a energia solar residencial como uma alternativa de baixo custo, de uso imediato, com rápida absorção e massiva adoção pelo consumidor final. Neste sentido, Lakatos (2011) reafirma essa perspectiva, ao apontar que a implantação da energia fotovoltaica torna o consumidor final capaz de satisfazer suas necessidades energéticas com fontes de energia renováveis e isentas de emissões de carbono.

O forte aumento no consumo energético global pode estar associado, entre outros fatores, à crescente inclusão de dispositivos anteriormente desconectados, agora conectados à energia devido à Internet das Coisas (IoT). Estima-se que até 2025 existam 41,6 bilhões de dispositivos IoT conectados à internet, segundo Oliveira (2021).

Nesse sentido, a integração de sistemas fotovoltaicos com IoT em aparelhos residenciais surge como uma alternativa promissora para a gestão energética eficiente em casas inteligentes. A IoT permite monitorar e controlar em tempo real o consumo de energia, otimizando seu uso e reduzindo custos, como sugere Rodrigues (2020).

Duarte (2019) afirma que os usuários de IoT têm dado mais atenção à automação residencial devido ao conforto proporcionado por sua instalação, que inclui usabilidade, sustentabilidade e acessibilidade.

Diante disso, surge a questão central deste projeto: é possível, por intermédio da placa solar como principal fornecedora de energia, realizar a automação de quatro principais eletrodomésticos de uma casa, com ordem de prioridade, de tal forma que exista tomada de decisão inteligente para a ativação, alteração de modos e desligamento dos mesmos?

Além disso, o projeto propõe, a partir da temperatura atual da residência, ativar ou desativar as operações do ar-condicionado por intermédio de mensagens de texto no Telegram. Para responder a essas questões, este projeto foi constituído, especialmente considerando a relevância da energia fotovoltaica no cenário mundial como uma aposta de energia do futuro, conforme aponta Rodrigues (2017), juntamente com a alta relevância da automação na sociedade moderna.

O consumo de energia em residências está em constante crescimento, impulsionado pela urbanização, aumento populacional e crescente demanda por eletrodomésticos. Essa demanda crescente coloca em risco a segurança energética e o meio ambiente, exigindo soluções sustentáveis e eficientes (IEA, 2023).

A energia solar surge como uma alternativa promissora, limpa e renovável para suprir essa demanda energética. Através de painéis solares fotovoltaicos, a luz solar é convertida em energia elétrica, reduzindo significativamente a dependência de combustíveis fósseis e as emissões de carbono (REN21, 2021).

Além de proporcionar economia financeira ao reduzir o valor da conta de luz, a geração de energia solar pode tornar a residência parcialmente ou totalmente autossuficiente em ener-

gia, diminuindo a dependência da rede elétrica convencional (GTM Research, 2023). Nesse contexto, a automação da gestão energética residencial é crucial para otimizar o consumo de energia e maximizar os benefícios da energia solar.

A automação permite monitorar o consumo de energia em tempo real, identificar anomalias e oportunidades de economia, controlar de forma inteligente os eletrodomésticos, ajustando seus modos de operação e horários de uso, além de integrar a geração solar ao consumo da residência, garantindo o uso eficiente da energia gerada.

Como ferramentas e tecnologias para implementar esse projeto, a combinação do Node-RED, MQTT e InfluxDB oferece uma solução robusta e flexível para automação residencial com energia solar, alinhada tanto com os objetivos acadêmicos quanto com a aplicabilidade prática do estudo.

Gartner (2023) garante que o Node-RED é uma excelente opção para muitos projetos de IoT, sendo intuitivo, flexível e escalável. Além de ser um software livre, escalável e de base sólida, ele também facilita a integração de dispositivos IoT e serviços web.

O MQTT, um protocolo de comunicação leve, eficiente e de grande uso global, também é ideal para IoT por sua confiabilidade, escalabilidade e simplicidade (Gartner, 2023). Sua eficiência na comunicação entre dispositivos IoT, com assincronicidade que se adapta a diferentes cenários de aplicação, permite a construção de sistemas escaláveis capazes de gerenciar múltiplos dispositivos eletrodomésticos de forma eficiente e simultânea.

O InfluxDB complementa essa estrutura, proporcionando um banco de dados otimizado para armazenar e consultar dados em séries temporais, como os de sensores em tempo real. Além disso, por ser livre e como também por sua grande extensão de funcionalidades que permite avanços posteriores ao projeto. Logo, isso facilita a gestão e análise de grandes volumes de dados, possibilitando a tomada de decisões baseadas em dados e a implementação de funcionalidades avançadas de análise e previsão.

Essa experiência prática não apenas complementa o conhecimento teórico adquirido ao longo do curso, mas também prepara os alunos para enfrentar desafios reais no mercado de trabalho, onde a demanda por profissionais qualificados em IoT é crescente.

A combinação dessas tecnologias descritas apresenta uma abordagem robusta e eficaz para o desenvolvimento de um projeto de gestão energética IoT, oferecendo benefícios significativos em termos de integração, flexibilidade, eficiência energética, análise de dados e aprendizado prático. Essas vantagens contribuem não apenas para o sucesso acadêmico do projeto de conclusão de curso, mas também para sua relevância e aplicabilidade no mundo real.

2 OBJETIVOS

O objetivo geral do projeto é desenvolver e implementar um sistema de gestão de energia inteligente em uma casa com placa solar, para gerir o consumo energético na utilização de 4 eletrodomésticos. Em específico, também é objetivo desse projeto:

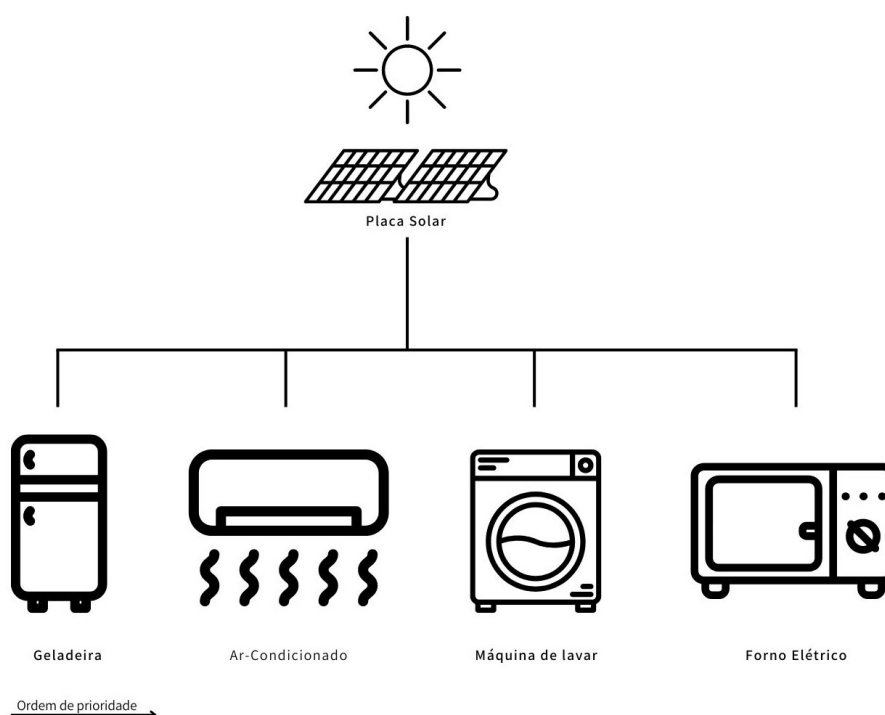
- Monitorar a potência da placa solar em tempo real;
- Capturar a temperatura de Trindade em tempo real;
- Desenvolver uma interface gráfica web no Node-RED para visualização de dados de energia e temperatura em tempo real;
- Atribuir à cada eletrodoméstico um modo de melhor consumo mediante a energia disponível;
- Integrar o Telegram ao sistema para controle do ar-condicionado, para ligar e desligar;
- Notificar no Telegram que o ar-condicionado pode ser ligado quando houver energia excedente suficiente para ligar seu menor modo e a temperatura estiver maior que 25 °C;

- Armazenar os dados gerados pelo sistema em base de dados em série temporal;
- Enviar via MQTT os dados gerados pelo sistema;

3 METODOLOGIA

A Figura 1, abaixo, elucida o esquema do projeto, de tal forma que elucida a ordem de operação do sistema em sua metodologia. Como é visível na figura abaixo, a placa solar captura a energia, essa energia é recebida pelo sistema e seu remanejamento de distribuição dela é por ordem de prioridade para cada um dos equipamentos. Em primeiro lugar vem a geladeira, seguido do ar-condicionado, máquina de lavar roupas e forno elétrico.

Figura 1: Esquema do projeto



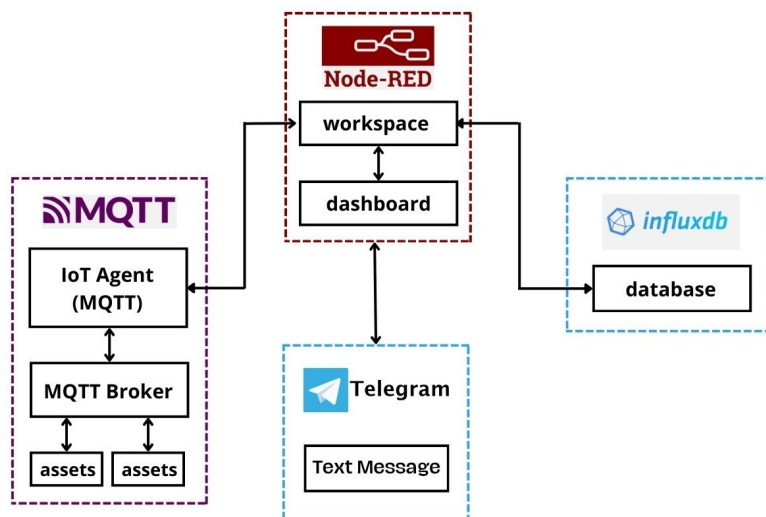
FONTE: Autoria Própria (2024).

Para a concretização do esquema da Figura 1, é possível ver na Figura 2 que o Node-RED foi escolhido como o gerenciador principal do sistema. Nele existe o *Workspace*, local em que código está aplicado, com as integrações com o InfluxDB, MQTT e Telegram. Já o *Dashboard*, do Node-RED é o local em que ocorre a interação com o usuário e as variáveis do sistema para manipulação e visualização dos resultados, como é visível na Figura 3, tópico dos resultados.

Logo, vê-se que é no *Workspace* do Node-RED que o Telegram está integrado, para as mensagens de controle do ar-condicionado. Percebe-se também que nele está o vínculo com o InfluxDB para registra das informações em tempo real. Assim como também, é por intermédio dele que as informações são compartilhadas via MQTT. Para tanto, em termos de atualizações dos dados gerados pelos sistema, o Node-RED no *Workspace* atualiza-se a cada 3 segundos. Decisão que pode ser ajustada posteriormente em possível avanço do projeto.

O sistema foi encarregado de atribuir a cada um dos eletrodomésticos da Figura 1, a partir da energia obtida pela placa solar (simulada por um *slider* no *dashboard* do Node-RED), um modo de operação para melhor consumo energético.

Figura 2: Fluxo de operação do sistema do projeto



FONTE: Autoria Própria (2024).

Prontamente, para amostragem, foram coletados os dados padrão de consumo energético de 4 equipamentos (geladeira, ar-condicionado, máquina de lavar roupas e forno elétrico), nas descrições técnicas, em cada eletrodoméstico, no site do comerciante Samsung (2023).

Consumo energético no qual foi distribuído em 4 modos de operação: Modo 01 (consumo energético mínimo), Modo 02 (consumo energético médio), Modo 03 (consumo energético máximo) e Modo 04 (sem consumo energético, desligado). A geladeira pode ser desligada ou não, a depender da intenção do usuário, ao ligar ou não o sistema na rede externa de energia.

Para a gestão energética da potência (W) gerada pela placa solar, entre os 4 equipamentos, 3 ferramentas computacionais foram escolhidas: Node-RED, InfluxDB e o MQTT, Sistema de Mensageria, Transporte de Telemetria de Enfileiramento de Mensagens.

No Node-RED foram criadas duas entradas. A primeira, referente a potência, um controle deslizante que percorre os valores de 0 (kW) até 70 (kW), para simular a entrada do valor gerado, pela placa solar. A segunda, a temperatura, contém 4 opções selecionáveis, que representam as temperaturas em: 15°C, 25°C, 35°C e OFF.

As 3 primeiras opções de temperatura (15°C, 25°C e 35°C) são para forçar uma temperatura fictícia e assim testar o comportamento do sistema, em especial no tocante às regras de funcionamento do ar-condicionado. Já estado OFF a temperatura capturada pelo sistema refere-se, em tempo real, à cidade de Trindade-GO, Brasil.

Após inserida, potência e temperatura, criou-se uma regra de negócio do projeto que irá estabelecer um controle de prioridade entre os modos. A regra de prioridade estabelece uma ordem de prioridade de distribuição da energia gerada, respectivamente em: geladeira, ar-condicionado, máquina de lavar roupas e forno elétrico.

Assim sendo, para a regra dos modos, o sistema ordenou o modo de menor consumo energético ao maior, de cada equipamento, para cálculo geral de qual eletrodoméstico pode estar em um dos 4 modos de operação, focado na gestão energética eficiente.

Para o aparelho de ar-condicionado foi usado uma regra singular. Sua ativação só é permitida mediante aprovação do usuário, via aplicativo de comunicação Telegram, a partir de mensagem textual.

A integração da comunicação do Telegram com o sistema, para controle do ar-condicionado, foi adicionada ao Node-RED pela importação de um módulo já existente em sua biblioteca. Uma mensagem de texto é usada para monitorar o acionamento do ar condicionado.

O controle de acesso ao Telegram para coordenar ações de ligar e desligar do ar-condicionado, foi mediante a criação de um bot na plataforma, que dele foi preciso obter o *token* e o identificador

(Id) do bot, isto é, do chat.

Três cenários foram desenhados para cobrir as possibilidades de atuação do sistema, focados na validação dos objetivos do projeto. No primeiro cenário, a temperatura e a energia são o suficiente para ligar o ar-condicionado, com permissão pelo Telegram.

No segundo caso, a temperatura e a energia são o suficiente para ligar o ar-condicionado, mas sem permissão pelo Telegram. Já no terceiro caso, a energia e a temperatura não são o suficiente para ligar o ar-condicionado, mesmo com permissão pelo Telegram.

Por fim, a partir dos dados de entrada no sistema, no InfluxDB são armazenados os resultados das operações tratadas pelo sistema e estes mesmos dados são enviados encriptados em formato assimétrico via MQTT, por fim, as entradas dos dados para o sistema e seus resultados são apresentadas no painel do Node-RED.

4 RESULTADOS

Os dados padrão de consumo energético dos eletrodomésticos foram coletados a partir das descrições técnicas disponíveis no site do comerciante Samsung. O consumo energético foi distribuído em quatro modos de operação: Modo 01 (consumo mínimo), Modo 02 (consumo médio), Modo 03 (consumo máximo) e Modo 04 (sem consumo, desligado).

Para a gestão da potência gerada pela placa solar, três ferramentas computacionais foram utilizadas: Node-RED, InfluxDB e MQTT. No Node-RED, duas entradas foram configuradas: uma para a potência, simulada com um controle deslizante variando de 0 a 70 kW, e outra para a temperatura, com opções selecionáveis de 15°C, 25°C, 35°C e OFF. No estado OFF, a temperatura é capturada em tempo real para a cidade de Trindade-GO, Brasil.

Após a inserção da potência e temperatura, uma regra de negócio foi implementada para estabelecer uma ordem de prioridade entre os modos de operação dos eletrodomésticos, com prioridade na distribuição da energia gerada para a geladeira, seguida pelo ar-condicionado, máquina de lavar roupas e forno elétrico.

A regra de operação organizou os modos de menor para maior consumo energético, com o cálculo de quais eletrodomésticos poderiam operar em cada modo para otimizar a gestão energética. O ar-condicionado só pôde ser ativado mediante aprovação do usuário via o aplicativo Telegram.

Dessa forma, três cenários foram simulados para validar os objetivos do projeto, com atuação de diferentes combinações de temperatura e energia disponíveis para o acionamento do ar-condicionado, com e sem permissão do usuário. À vista disso, ao inserir os dados de temperatura e potência, no sistema, foram observados os resultados dos 3 cenários, descritos no tópico da metodologia. Neles, encontrou-se os seguintes resultados, como elucidados nas Tabelas 1 a 3.

Tabela 1: Cenário 01: estado dos eletrodomésticos ao ativar ar-condicionado por comando no Telegram.

Eletrodoméstico	Modo	Estado	Comando	Potência	Temperatura
Geladeira	03	Ativo	-	68.148 kW	28°C
Ar-condicionado	03	Ativo	Ligar		
Máquina Roupas	03	Ativo	-		
Forno Elétrico	03	Ativo	-		

FONTE: Autoria Própria (2024).

Na Tabela 1, ao enviar via Telegram o comando de acionamento do ar-condicionado, passa para o estado ativo, se a temperatura for maior que 25°C e houver energia suficiente para iniciá-lo. Em paralelo, os estados dos demais eletrodomésticos foram ajustados a partir da energia gerada pela placa solar, tendo em vista a ordem de prioridade de cada eletrodoméstico.

Tabela 2: Cenário 02: estado dos eletrodomésticos ao inativar ar-condicionado por comando no Telegram.

Eletrodoméstico	Modo	Estado	Comando	Potência	Temperatura
Geladeira	03	Inativo	-	68.148 kW	28°C
Ar-condicionado	OFF	Ativo	Desligar		
Máquina Roupas	03	Ativo	-		
Forno Elétrico	03	Ativo	-		

FONTE: Autoria Própria (2024).

Na Tabela 2 o envio via Telegram do comando de desligamento inativa o ar-condicionado mantendo os demais eletrodomésticos no estado atual. Com a inativação do ar-condicionado, a rede obteve mais energia livre.

Já na Tabela 3 é possível ver que a temperatura está em 12°C, enquanto a energia está em 10.114kW. Neste cenário, a energia é suficiente para ligar apenas a Geladeira em seu modo 01 e o Forno Elétrico, em seu modo 03.

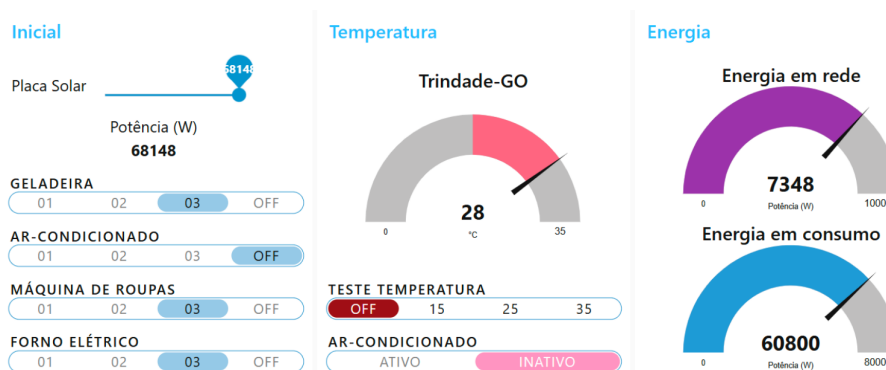
Tabela 3: Cenário 03: estado dos eletrodomésticos ao tentar ativar o ar-condicionado por comando no Telegram com baixa energia e temperatura.

Eletrodoméstico	Modo	Estado	Comando	Potência	Temperatura
Geladeira	01	Ativo	-	10.114 kW	12°C
Ar-condicionado	OFF	Inativo	Ligar		
Máquina Roupas	OFF	Ativo	-		
Forno Elétrico	03	Ativo	-		

FONTE: Autoria Própria (2024).

Quando a temperatura for menor que 25°C e houver um baixo valor energético o ar-condicionado mantém-se inativo. Ainda na Tabela 3 o comando de acionamento do ar-condicionado está presente, embora esteja inativo, devido ao baixo valor energético e de temperatura.

Figura 3: Painel de visualização do sistema do Node-RED.



FONTE: Autoria Própria (2024).

A interface do Node-Red, Figura 3, representa o cenário 02. Nesse cenário a guia “Inicial” apresenta a placa solar e sua potência de energia gerada. Abaixo, é relatado os eletrodomésticos na sua ordem de prioridade. Assim, este protótipo é monitorado por computador, em escopos posteriores é possível realizar o monitoramento via mobile.

Na guia “Temperatura”, está a temperatura em tempo real da cidade de Trindade, Goiás, Brasil, capturada pelo OpenWeatherMap via API. Abaixo da temperatura em tempo real, está

4 valores de testes, que forçam o sistema a estar, para simular situações para validar a operação do próprio sistema, em: 15°C, 25°C, 35°C e OFF (modo em que o sistema volta a pegar a temperatura em tempo real de Trindade).

Ainda na guia “Temperatura” é possível observar o estado do ar-condicionado. Esse estado pode ser alterado por meio da interação com Telegram. Já na guia “Energia”, apresenta a energia disponível na rede de energia e sua energia interna a ser consumida pelos eletrodomésticos ativos. Estes dados, Figura 3 e Tabela 2, também estão presentes na Figura 4, que os apresenta já armazenados na base de dados de série temporal do InfluxDB.

Figura 4: Exemplo do registro de dados no InfluxDB.



FONTE: Autoria Própria (2024).

Na Figura 4 os dados armazenados no InfluxDB encontram-se em conformidade com a Figura 3 e Tabela 2. O termo “potencia” implica na energia gerada pelas placas solares, “consumo” a energia em consumo pelos eletrodomésticos, “rede” a energia distribuída para a rede e os demais valores indicam os nomes dos eletrodomésticos. Por fim, o sistema possui uma função para encriptar os dados enviados ao InfluxDB, Figura 3, e enviar via MQTT, permitindo que o usuário capture os dados, decrpte a qualquer momento.

5 DISCUSSÃO

O presente projeto teve como objetivo desenvolver um sistema de gestão de energia inteligente com usufruto de energia fotovoltaica como fonte principal, integrada com tecnologias IoT, para otimização do consumo energético em uma residência. A integração de sistemas fotovoltaicos com IoT em aparelhos residenciais surgiu como uma alternativa promissora para a gestão energética eficiente em casas inteligentes, como sugerido por Rodrigues (2020).

Além disso, Lakatos (2011) destacou que a implementação de painéis solares em residências não apenas reduz significativamente a dependência de combustíveis fósseis e as emissões de carbono, mas também contribui para a autossuficiência energética.

Por este motivo, o atual projeto demonstrou que a energia fotovoltaica, quando combinada com tecnologias IoT, otimiza o uso da energia gerada, ao priorizar a operação de eletrodomésticos essenciais e ao ajustar automaticamente os modos de operação para maximizar a eficiência energética. Tal abordagem se alinha com a crescente necessidade de soluções sustentáveis e eficientes para atender à demanda energética residencial, como apontado pela (IEA, 2023).

A escolha das ferramentas computacionais – Node-RED, InfluxDB e MQTT – se mostrou acertada para a criação de uma plataforma robusta e flexível para automação residencial. Node-RED, conforme elucidado por Gartner (2023), facilitou a integração dos dispositivos IoT e a criação de fluxos de controle intuitivos.

O protocolo MQTT garantiu uma comunicação eficiente e confiável entre os dispositivos, essencial para a troca de dados em tempo real. O InfluxDB permitiu a gestão de grandes

volumes de dados de séries temporais, o que possibilitou uma análise detalhada e decisões baseadas em dados históricos.

Os três cenários de teste foram fundamentais para validar a funcionalidade do sistema. No primeiro cenário, a energia e a temperatura foram suficientes para ligar o ar-condicionado, com aprovação pelo Telegram, o que demonstrou a capacidade do sistema de gerenciar o consumo energético de forma inteligente e responsiva. No segundo cenário, embora a energia fosse suficiente, a ausência de aprovação pelo Telegram impediu a ativação do ar-condicionado, ressaltando a importância da interação do usuário para o controle eficiente dos dispositivos.

No terceiro cenário, a energia e a temperatura não foram suficientes para ligar o ar-condicionado, mesmo com permissão, evidenciando a limitação de recursos e a necessidade de priorizar o consumo dos eletrodomésticos essenciais.

A integração do Telegram como meio de comunicação para o controle do ar-condicionado adiciona uma camada de interatividade e controle ao sistema, permitindo que os usuários tomem decisões informadas sobre o uso de energia. Esta funcionalidade é particularmente útil em cenários onde a disponibilidade de energia é limitada e requer uma gestão cuidadosa para garantir que os dispositivos essenciais recebam prioridade. A automação e o controle em tempo real proporcionados pelas tecnologias IoT, como observado por Duarte (2019), oferecem não apenas conveniência, conforto e comodidade, mas também uma maneira eficiente de gerenciar o consumo energético, resultando em economia e sustentabilidade.

Este projeto exibe como a combinação de energia fotovoltaica e tecnologias IoT podem transformar a gestão energética residencial, tornando-a mais eficiente, sustentável e adaptada às necessidades modernas. Também é possível notar as ferramentas utilizadas e os resultados obtidos, pois demonstram o potencial significativo dessa abordagem para reduzir a dependência de fontes de energia não renováveis, melhorar a eficiência energética e proporcionar benefícios econômicos e ambientais aos usuários.

6 CONCLUSÃO

Este trabalho apresentou o desenvolvimento de um sistema de gestão de energia inteligente que utiliza energia fotovoltaica como fonte principal, integrado com tecnologias IoT para otimizar o consumo energético em residências. Os resultados demonstraram que a combinação de energia fotovoltaica com tecnologias IoT é uma solução eficaz e promissora para gestão energética eficiente em lares modernos.

Assim, a escolha das ferramentas computacionais – Node-RED, InfluxDB e MQTT – provou ser adequada para criar uma plataforma robusta e flexível de automação residencial, com foco na otimização energética.

Prontamente, o Node-RED simplificou a integração de dispositivos IoT e a criação de fluxos de controle intuitivos, enquanto o protocolo MQTT assegurou uma comunicação eficiente e confiável para troca e partilha de dados. O InfluxDB permitiu a gestão de dados temporais, o que corrobora para análises detalhadas e decisões fundamentadas em dados históricos.

Os testes realizados validaram a funcionalidade do sistema. No primeiro cenário, a energia e a temperatura foram suficientes para ligar o ar-condicionado, com aprovação via Telegram, o que demonstrou a capacidade do sistema de gerenciar o consumo energético de forma inteligente e adaptativa. Por outro lado, no segundo cenário, mesmo com energia e temperatura suficientes, a ausência de aprovação pelo Telegram impediu a ativação do ar-condicionado, o que elucidou a importância da interação do usuário no controle deste dispositivo.

Já no terceiro cenário, apesar da aprovação do usuário via Telegram e energia disponível, o ar-condicionado deteve-se desativado devido à temperatura ambiente não atingir o limite mínimo necessário para justificar seu uso.

Isto posto, nestes 3 cenários, o sistema priorizou a alocação da energia disponível para os

eletrodomésticos considerados essenciais, o que garantiu a eficiência em seu uso e evitou desperdício. Isso demonstrou a capacidade do sistema em gerenciar recursos de forma inteligente, ao considerar múltiplos fatores na tomada de decisão, que otimizaram o consumo energético.

A integração do Telegram, por sua vez, como meio de comunicação para o controle do ar-condicionado adicionou uma camada de interatividade, conforto e controle remoto ao sistema, o que permitiu que os usuários tomassem decisões sobre este eletrodoméstico, em tempo real.

Esta funcionalidade é útil em cenários em que a disponibilidade de energia é limitada e requer uma gestão cuidadosa para garantir que os dispositivos essenciais recebam prioridade, além da gestão ofertada pelo sistema.

Prontamente, a ação de guardar as séries temporais dos dados no InfluxDB é passível para uso de *Machine Learning*, aprendizado de máquina, para adaptação do sistema ao usuário focado no maior conforto e também para análise de previsões futuras.

As principais limitações do projeto incluem a dependência de condições meteorológicas favoráveis para a geração de energia solar e a necessidade de uma infraestrutura de rede estável para a comunicação entre dispositivos IoT. Sugere-se, para futuras pesquisas, explorar a integração de outras fontes de energia renovável, como a eólica, e implementar algoritmos de aprendizado de máquina para aprimorar a eficiência da gestão energética ao uso do usuário.

Consoante, a principal contribuição deste trabalho para a área de conhecimento é a demonstração de como a integração de tecnologias IoT com energia fotovoltaica pode transformar a gestão energética residencial, tornando-a mais eficiente, sustentável e alinhada às necessidades contemporâneas.

Por fim os resultados obtidos evidenciam o potencial dessa abordagem para reduzir a dependência de fontes de energia não renováveis, melhorar a eficiência energética e proporcionar benefícios econômicos e ambientais significativos aos usuários.

REFERÊNCIAS

- Acharjee, P. 2013 Acharjee, P. Strategy and implementation of smart grids in india. *Energy Strategy Reviews*, v. 1, n. 1, p. 193–204, 2013.
- Duarte 2019 DUARTE, R. *Qual a importância da automação residencial*. 2019. Disponível em: <https://pt.linkedin.com/pulse/qual-%C3%A9-atual-import%C3%A2ncia-da-automa%C3%A7%C3%A3o-residencial-para-rog%C3%A9rio-duarte>.
- Fares, R.,Webber, M., P. 2017 Fares, R.,Webber, M., P. The impacts of storing solar energy in the home to reduce reliance on the utility. *Nat Energy* 2, v. 1, n. 17001, p. 1–3, 2017.
- Gartner, 2023 Gartner,. *Magic Quadrant for Industrial IoT Platforms*. 2023.
- Gomes 2021 GOMES, J. A. *Porque sobem os preços da energia*. 2021. Disponível em: <https://eco.sapo.pt/2021/12/27/porque-sobem-os-precos-da-energia-na-europa-em-oito-perguntas-e-respostas/>.
- GTM Research, 2023 GTM Research,. *Solar PV Market Size, Share & Trends Analysis Report by Application (Residential, Commercial, Industrial), by Region, and Segment Forecasts, 2023-2028*. 2023.
- IEA, 2023 IEA,. *International Energy Agency*, v. 1, n. 1, p. 21–22, 2023. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2023#previous-editions>.
- IPCC, 2021 IPCC,. *Change 2021: The physical science basis. The physical science basis.*, v. 1, n. 1, p. 21–22, 2021. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>.
- Lakatos, L.,Hevessy, G.,Kovács, J. 2011 Lakatos, L.,Hevessy, G.,Kovács, J. The impacts of storing solar energy in the home to reduce reliance on the utility. *World Futures*, v. 6, n. 67, p. 395–408, 2011.
- Oliveira, Pedro,Pedrosa, Isabel,Bernardinho, Jorge 2021 Oliveira, Pedro,Pedrosa, Isabel,Bernardinho, Jorge. Iot nas smart cities – revisão da literatura. *Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, v. 1, n. 1, p. 8–9, 2021. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/351010519-IoT_nas_Smart_Cities_-Revisao_da_literatura.
- REN21, 2021 REN21,. *Panorama global sobre energias renováveis conforme relatório da REN21*. 2021. Disponível em: <https://www2.energia.coop/brasil/blog/panorama-global-sobre-energias-renovaveis-conforme-relatorio-da-ren21/#:~:text=O%20que%20%C3%A9%20a%20REN,%2C%20governos%2C%20ONGs%20e%20ind%C3%BAstria.>
- Rodrigues 2017 RODRIGUES, G. *Telhas solares fotovoltaicas uma aposta no futuro*. 2017. Disponível em: <https://pt.linkedin.com/pulse/telhas-solares-fotovoltaicas-uma-aposta-futuro-geraldo-rodrigues>.
- Rodrigues, M. G.,Carlo, J. C. 2020 Rodrigues, M. G.,Carlo, J. C. . Impacts of the photovoltaic distributed generation and of the white energy tariff on electricity consumption of the residential sector. *UNICAMP*, v. 11, n. 1, p. 3–16, 2020.