

EcoEnergia Residencial

Fernando Souza Furtado Carrilho¹

Instituto Politécnico de Bragança, IPB, Portugal
m314866@alunos.pt

Abstract. This project aims at the practical elaboration of an electrical consumption manager for 4 appliances, having in order of priority the refrigerator, the water heater, the washing machine and the electric oven, powered by a solar panel; each have 3 modes and the off. For this purpose, this control is carried out through Node-RED, using MQTT as the communication protocol and InfluxDB for storing data in time series. Finally, using the energy provided by the solar panel, the system manages the four devices between its 3 modes and the off mode, seeking the best performance and the minimum number of devices turned off. Considering the existing technologies, it is expected that this operation will be possible with the single use of these two platforms: Node-RED and InfluxDB.

Keywords: Energy manager · Internet of things · Automation.

1 Introdução

A energia elétrica hoje é de fundamental importância para o desenvolvimento da sociedade. Para Acharjee [1] a energia é o principal vetor do crescimento econômico e social de um país, pois é vital para manter a força da economia e da sociedade moderna.

Prontamente, é notório que a energia elétrica torna-se cada vez mais cara, escassa e que em muitos países, acabam tendo que importá-la para sustentar as suas necessidades, assim como ocorre na Europa, de acordo com Gomes [6].

Frente à essa escassez de energia elétrica, surge a procura de formas alternativas para criação de energia elétrica residencial, com intuito de reduzir os custos mensais com energia e ter uma residência mais autônoma, conforme afirma Fires et. al. Webber [5], os quais sugerem a energia solar como alternativa.

Isto posto, para Lakatos [7], com a implantação da energia solar, fotovoltaica, no consumidor final, isso torna-o capaz de satisfazer suas necessidades energéticas através do abastecimento de energia com fontes de energia isentas de emissões, renováveis.

Prontamente, junto à essa grande demanda energética, pela sociedade atual, entra em pauta o avanço das inovações tecnológicas, as quais constituem fortemente os fatores dessa demanda, e as preocupações sobre a sustentabilidade, estão transformando todos os setores da economia, afirma Duarte [4].

Nesse viés, Duarte [4] afirma ainda que, os utilizadores dessas inovações tecnológicas passaram a atentar para a automação residencial, devido o conforto na qual ela proporciona após instalada em: usabilidade, sustentabilidade e acessabilidade.

Consoante à isso, é válido apontar que, ainda com a preocupação da demanda energética, em referência à automação residencial, ela só existe devido a Internet das Coisas, que para a Totvs [9] é a interconexão de dispositivos e objetos cotidianos à internet. Logo, é por intermédio da internet que essa uso da tecnologia, automação, ganhou força.

Assim sendo, surge a pertunta base do projeto, a qual questiona se é possível por intermédio da placa solar como principal fornecedora de energia para fazer a automação de 4 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 desligamentos dos mesmos. Como também, se é possível a partir da temperatura atual da residencial ativar ou inativar as operações do aquecedor.

Para tanto, com o intuito de encontrar esta resposta, este projeto é levantado, ainda mais pelo fator da energia fotovoltaica ter se tornado tão relevante no cenário mundial, como aposta de energia do futuro, como apontar Rodrigues [8], e ao mesmo tempo, pela alta relevância atual da automação, na sociedade moderna.

2 METODOLOGIA

Para este projeto o estudo é no formato experimental, observacional e descritivo. Isto é, respectivamente, experimental por instanciar um experimento para validar a pergunta base, observacional por observar os resultados do experimento e descritivo por procurar descrever os processos e as análises dos resultados obtidos pelo estudo.

Como amostra de estudo, serão coletados os dados padrão de consumo de 4 eletrodomésticos (geladeira, aquecedor, máquina de lavar e forno elétrico), na web, em sites de comerciantes desses equipamentos.

O intuito é para realizar os cálculos necessários das grandezas físicas desses equipamentos e ver a possibilidade de haver tomada de decisão inteligente numa automação residencial alimentada por energia fotovoltaica. Uma vez esse dados obtidos, com o uso das Leis de Joule, para potência e tensão, é possível calcular a corrente elétrica, em ampere [A], que cada equipamento consome.

Dessa forma, com o objetivo de satisfazer a pergunta base deste trabalho, com os valores tidos da potência (W), é possível criar tabelas para mensuração do gasto energético dos equipamentos e iniciar o desenvolvimento trabalho.

Para que isso se torne possível, serão utilizadas ferramentas computacionais para chegar à esse fim. Dentre as tecnologias utilizadas está o protocolo de comunicação MQTT, e as seguintes plataformas:

- **Node-RED:** para recepção, filtragem e envio dos dados coletados e tomada de decisão.
- **InfluxDB:** para armazenamento em série temporal dos dados enviados pelo Node-RED e para análises por intermédios de suas funcionalidades.

Logo, essa relação do Node-RED, InfluxDB e do protocolo de comunicação MQTT pode ser melhor elucidada como consta, a seguir, na Figura 1.

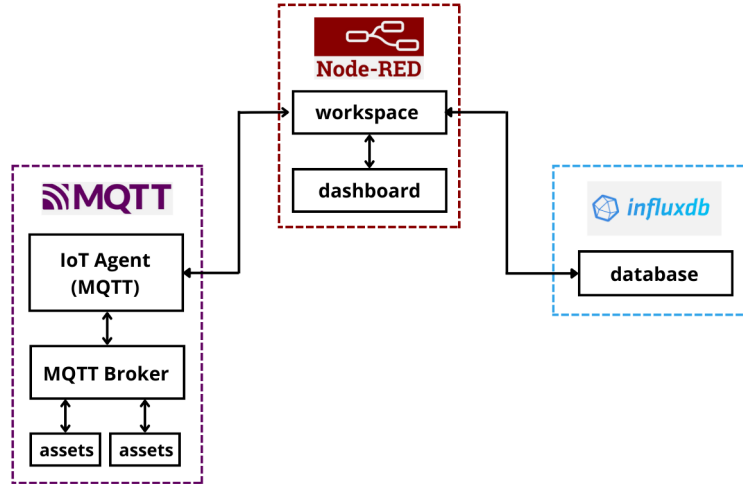


Fig. 1. Esquemática do processo de relação entre as tecnologias usadas no projeto

Diante disso, como elucidado na Figura 1, será o Node-RED que ferramenta base do projeto. O *workspace* no Node-RED é o local em que se encontra o fluxo

do processo, enquanto o *dashboard* é o local que as variáveis do sistema serão alteradas.

Desse modo, é por intermédio do *workspace* do Node-RED que o InfluxDB receberá os dados para serem armazenados em sua base de dados. Semelhantemente, também é pelo *workspace* do Node-RED que será enviado via MQTT as informações já tratadas e encriptadas.

Note que qualquer indivíduo subscrito no tópico do MQTT enviado pelo Node-RED terá essas informações, porém encriptadas. Sendo assim, para descriptar a informação enviada, via MQTT, basta ter a chave privada criada no fluxo do Node-RED.

Consoante, no Node-RED será coletada a temperatura da aeródromo da cidade de Bragança, em Portugal, por intermédio dos dados oferecidos pelo Instituto Português do Mar e da Atmosfera (IPMA)[2]. O motivo é dado pelo fato de que a residência a ser automatizada terá sua referência física nesta cidade.

Dessa forma, com base nestes valores da temperatura, ofertada pelo IPMA, no Node-RED, o aquecedor será ativado se a temperatura for igual ou inferior a 20°C, caso contrário será inativado.

Logo, a quantidade excedente, que não será utilizada pelo aquecedor, no cenário em que este estiver inativo, será redistribuída para os demais eletrodoméstico, para que ambos atuem em sua melhor potência de operação, de acordo com a energia fornecida pela placa solar.

Sendo assim, a teor de simplificação do projeto, a parte de descrição fica para ser realizada para outro utilizador externo que deseje acessar os dados publicados via MQTT. Por outro lado, o InfluxDB será utilizado para ter armazenado em séries temporais o histórico dos modos ativos dos 4 eletrodomésticos.

Não distante, por limitações técnicas, a placa solar será substituída por um *slide* no Node-RED, o qual a representa com eficácia, e no lugar dos 4 equipamentos, no Dashboard do Node-RED haverá uma saída em texto que exprime o seu modo no qual está ativo. Isto, uma vez que este trabalho é um experimento de forma sucinta, um produto mínimo viável, o qual pode ser reaplicado de maneira a integra-se mais ao real.

Por fim, após os procedimentos acima levantados, espera-se que seja possível a ordenação de ativação, desativação e alteração dos modos dos 4 eletrodomésticos, de maneira a ter uma ordem de preferência de atuação neles inseridos, todos alimentados pela placa solar: o tornará este projeto direcionado para uma automação residencial.

3 DESENVOLVIMENTO

Isto posto, é válido reafirmar que o atual projeto objetiva fornecer o gerenciamento de energia elétrica numa residência, a partir da energia obtida por intermédio de uma placa solar para o consumo de 4 eletrodomésticos, tendo ordem de prioridade em: geladeira, aquecedor, máquina de lavar e forno elétrico; expresso abaixo na Figura 2.

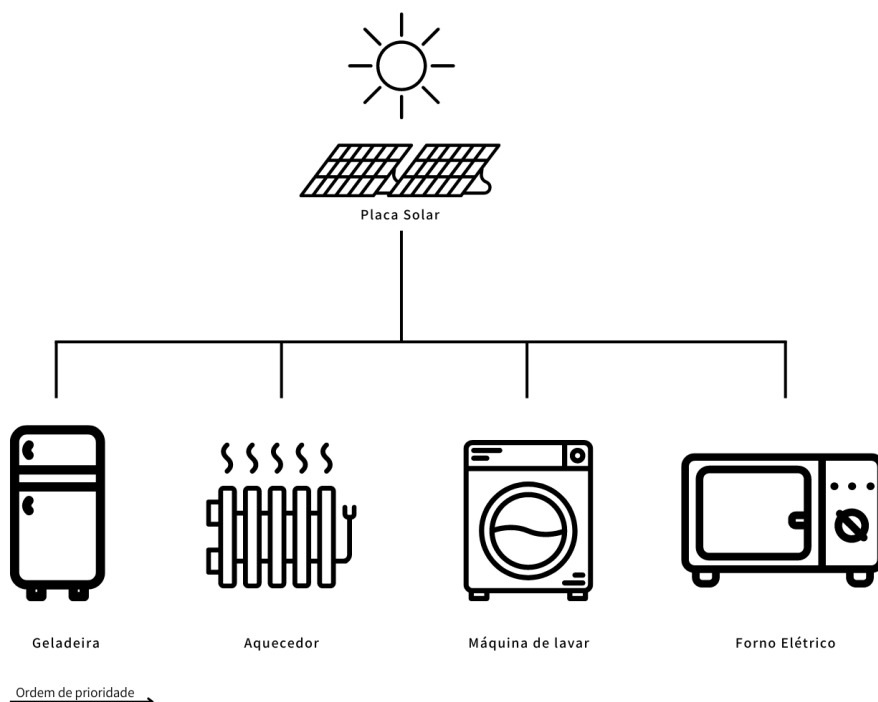


Fig. 2. Esquemática do Projeto

Dessa forma, como é possível visualizar na Figura 2, a ordem de importância de cada eletrodoméstico é de fundamental princípio para gestão de consumo energético eficiente e para sua economia.

Prontamente, para cada eletrodoméstico apresentado acima, com seu nível de importância, é bom apontar que neles há 3 modos, o mesmo que 3 níveis, de uso. Logo, o 4º modo que é visto é o desligado, em que nele não há o uso de potência ofertada pela placa solar.

À vista disso, o objetivo é que a partir do oferecimento de energia coletada na placa solar, que ocorra a gestão dessa energia nos equipamentos listados, acima na Figura 2, em sua melhor performance.

Em sequência, na Figura 3, abaixo expressa, para melhor compreensão de operação dos eletrodomésticos, a demonstração visual dos 4 equipamentos usados e seus modos/níveis em que podem ser usados e o modo desligado, tido em *OFF*.

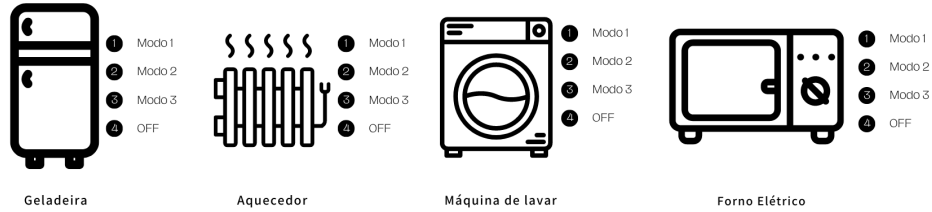


Fig. 3. Modos dos equipamentos

– **LEGENDA:**

- **Modo 01** : Nível mínimo de consumo energético;
- **Modo 02** : Nível médio de consumo energético;
- **Modo 03** : Nível máximo de consumo energético;
- **OFF** : Desligado (sem consumo energético);

Em seguida, uma vez essas informações levantadas, o passo seguinte é saber realizar o cálculo dos gastos energéticos que estes equipamentos realizam em cada um dos modos da Figura 3, acima apresentada, como expressa a seguir no tópico 3.1

3.1 EQUAÇÕES DE JOULIE

Por conseguinte, quando deseja-se calcular a Corrente Elétrica, a Potência Elétrica ou a Resistência Elétrica, dessas 3 variáveis, tendo duas delas, é possível usar a relação das **Lei de Joule** para a dissipação de energia elétrica em um resistor, como demonstra a Equação 1.

$$P = I^2 * R \quad (1)$$

Onde:

- P é a potência elétrica em watts (W);
- I é a corrente elétrica em amperes (A);
- R é a resistência elétrica em ohms (Ω);

Nas situações que a resistência estiver em fator de relevância para cálculo, como é o caso do Forno Elétrico, usa-se a Equação 1 para encontrar os valores das incógnitas desejadas. Entretanto, em casos que não se aplica o cenário acima, isto é a resistência está implícita, com ausência do uso de resistor, é preciso buscar outra relação matemática para suprir essa finalidade.

Diante disso, encontra-se a Equação 2, a qual é a **Lei de Joule** para a potência elétrica, a seguir apresentada.

$$P = V * I \quad (2)$$

Em que:

- P é a potência elétrica em watts (W);
- I é a corrente elétrica em amperes (A);
- V é a tensão elétrica em volts (V);

Frente à isso, para o cálculo das incógnitas desejadas, tendo duas delas é possível encontrar a terceira. Logo, a Equação 2 é usada nos equipamentos: (1) Geladeira, (2) Aquecedor e (3) Máquina de Lavar.

Por fim, uma vez ao ter as equações para se trabalhar e encontrar a unidade de medida desejada, o passo seguinte é encontrar os valores dispostos (Potência, Resistência ou Tensão) e obter pelas equações dadas, o valor da Corrente Elétrica, como está elucidado no Tópico 3.2, a seguir.

3.2 CÁLCULO DA CORRENTE ELÉTRICA (A)

Por conseguinte, para o cálculo da Corrente Elétrica (A), dos equipamentos, é preciso que se tenha a Potência Elétrica (W) e a Tensão Elétrica (V) ou Resistência Elétrica (Ω). Dessa forma, nos sub-tópicos a seguir, constam as contas usadas para cada equipamento conforme os dados fornecidos nas incógnitas.

De imediato, para calcular os valores de Corrente Elétrica (A) dos 3 modos da Geladeira, basta pegar os três valores de Potência (W) e da Tensão (V) e encontrá-los pela Equação 2, de tal forma que seus valores podem ser encontrados, calculados e objetidos como expressa-se na Tabela 1.

Table 1. Dados da geladeira

Geladeira			
Modos	Potência (kW)	Corrente Elétrica (A)	Temperatura (°C)
I	8.70	39.54	5
II	26.10	118.63	3
III	43.50	197.73	1
OFF	-	-	-

Perceba que na Tabela 1, e nas demais deste sub-tópico, há o modo *OFF*, o qual indica que o eletrodoméstico está desligado. Dessa forma, os valores no campo da Potência, Corrente Elétrica e Temperatura está em "-", posto que não se aplica valores para quando o equipamento encontra-se desligado.

Assim sendo, com base nos valores da Tabela 1, é possível capturar os parâmetros a serem utilizados para a tomada de decisão quando se fizer as regras de gestão dos equipamentos, em seus modos, a posteriori, no Node-RED.

Em sequência, para calcular os valores de Corrente Elétrica (A) para a Geladeira, basta capturar os valores de Potência (W) e Tensão (V) e usar a Equação 2, com os dados fornecidos pela Tabela 2.

Table 2. Dados da aquecedor

Aquecedor			
Modos	Potência (kW)	Corrente Elétrica (A)	Temperatura (°C)
I	1.00	4.46	10
II	1.50	6.82	15
III	2.50	11.36	25
OFF	-	-	-

Nesse sentido, com base nos valores da Tabela 2, é possível capturar os parâmetros a serem utilizados para a tomada de decisão quando se fizer as regras de gestão dos equipamentos, em seus modos, a posteriori, no Node-RED.

Em seguida, para calcular os valores de Corrente Elétrica (A) dos 3 modos da Geladeira, basta pegar os três valores de Potência (W) e da Tensão (V) e encontrá-los pela Equação 2, de tal forma que seus valores podem ser encontrados, calculados e objetidos como expressa-se na Tabela 3.

Isto posto, com base nos valores da Tabela 3, é possível capturar os parâmetros a serem utilizados para a tomada de decisão quando se fizer as regras de gestão dos equipamentos, em seus modos, a posteriori, no Node-RED.

Destarte, para o cálculo da Corrente Elétrica do Forno Elétrico, de uso, utiliza-se a Equação 1, os valores da Resistência e Potência estão na Tabela 4, assim como o resultado do cálculo da corrente elétrica, em casa modo de uso do equipamento.

Table 3. Dados da máquina de lavar

Máquina de lavar			
Modos	Potência (kW)	Corrente Elétrica (A)	Temperatura (°C)
I	8.61	39.14	25
II	12.01	54.59	35
III	15.50	70.45	45
OFF	-	-	-

Table 4. Dados do forno elétrico

Forno Elétrico				
Modos	Potência (W)	Resistor (Ω)	Corrente Elétrica (A)	Temperatura (°C)
I	0.60	15	6.32	100
II	1.20	20	7.75	200
III	1.80	25	8.45	250
OFF	-	-	-	-

Por fim, com base nos valores da Tabela 4, é possível capturar os parâmetros a serem utilizados para a tomada de decisão quando se fizer as regras de gestão dos equipamentos, em seus modos, a posteriori, no Node-RED.

3.3 UNIDADES DE MEDIDA DOS EQUIPAMENTOS

Como consequência dos cálculos dos valores da Corrente Elétrica (A) no Tópico 3.2, é possível visualizar tabelas com as unidades de medida isoladas, com os equipamentos agrupados; o mesmo é aplicado com a Potência Elétrica (W) e Temperatura (°C).

E para essa finalidade, os sub-tópicos a seguir elucidam essa unidades de Medidas isoladas, para melhor interpretação dos valores que serão a composição da tomada de decisão do software a ser elaborado.

A seguir, consta-se a Tabela 5, Tabela 6 e a Tabela 7, as quais apresentam os dados/valores de todos dos equipamentos em seus modos, respectivamente, com relação à Potência (W), Corrente Elétrica (A) e Temperatura (°C).

Dito isso, no que nas Tabelas 5, 6 e 7 que existe a seguinte relação: (1) Modo I: Mínima, (2) Modo II: Média e (3) Modo III: Máxima. No entanto, veja que não há a listado nessas tabelas a opção *OFF*, opção existente na qual indica que o equipamento está desligado, entretanto, esta opção é computada.

Table 5. Potência dos Equipamentos Requerida

	EQUIPAMENTOS			
Potência	Geladeira	Aquecedor	Máquina de Lavar	Forno Elétrico
Máxima	43.50 kW	2.50kW	12.01kW	1.80kW
Média	26.10 kW	1.50kW	15.50kW	1.20kW
Mínima	8.70 kW	1.00kW	8.31kW	0.60kW

Table 6. Corrente Elétrica dos Equipamentos Requerida

	EQUIPAMENTOS			
Corrente Elétrica	Geladeira	Aquecedor	Máquina de Lavar	Forno Elétrico
Máxima	197.73A	11.36A	70.45A	8.45A
Média	118.63A	6.82A	54.59A	7.75A
Mínima	39.54A	4.46A	39.14A	6.32A

Table 7. Temperaturas dos Equipamentos Oferecida

	EQUIPAMENTOS			
Temperatura	Geladeira	Aquecedor	Máquina de Lavar	Forno Elétrico
Máxima	5°C	25°C	45°C	250°C
Média	3°C	15°C	35°C	200°C
Mínima	1°C	15°C	25°C	100°C

Nesse sentido, a intenção das tabelas 5, 6 e 7 é para melhor interpretação e abstração das forças de grandezas naturais (potência, corrente elétrica e temperatura) e suas variáveis. Logo, uma vez compreendido esse valores, torna-se possível aprimoramento do vislumbre de como essas grandezas se relacionam e em como suas variáveis fazem esse elo.

Ademais, é bom apontar que nas Tabelas 5, 6 e 7, a sua explanação é para facilita a visualização dos valores correpondentes a todos os equipamentos utilizados neste projeto de maneira simplificada e de fácil interpretação, com relação à Potência Elétrica (W), Corrente Elétrica (A) e Temperatura (°C).

3.4 FLUXO DO PROCESSO NO NODE-RED

Destarte, em seguida, no Node-RED, o passo seguinte é a construção do fluxo no Node-RED, que trata os dados e aplica as regras de decisão devidas. Assim, a seguir consta a Figura 4, que expressa o fluxo construído; acesse os códigos das funções do fluxo da Figura 4 ao [clique aqui](#).

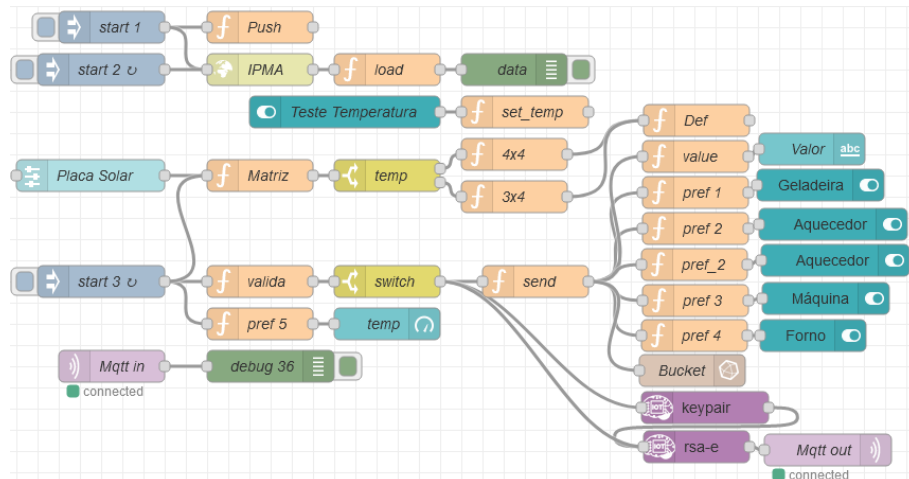


Fig. 4. Fluxo no Node-RED do Projeto

Diante disso, como é visível na Figura 4, há 3 caminhos de início dos fluxos diretos do sistema, nós *Start*. O primeiro é iniciado pelo *start 1*, o segundo é pelo *start 2* e o terceiro pelo *start 3*.

Isto posto, no nó *start 1* é dado o inícios das variáveis do sistema e à busca da temperatura atual do aeródromo de Bragança no nó *IPMA* e seu valor é transferido para o nó *load*, o qual armazena no fluxo uma variável contendo este valor.

Já no nó *Teste Temperatura*, é o responsável por inserir temperaturas de teste no dashboard do Node-RED para testar o comportamento dos eletrodomésticos, em especial do aquecedor. É bom pontar que se a tempertura local for superior a 20 °C, o aquecedor fica inativo, sempre desligado, caso contrário, fica ativo e passa a operar normalmente. Logo, o nó *set.temp* é encarregado em inserir no sistema o valor escolhido pelo nó *Teste Temperatura*.

Desta forma, é bom apontar que quando uma temperatura é escolhida no dashborad do nó *Teste Temperatura* essa temperatura fica em foco para todo o

sistema, no entanto, se a opção *OFF* foi escolhida neste nó, o sistema passa a ter a temperatura referência do emitido pelo nó IPMA.

Não distante, após o nó da *Placa Solar* ser ativado no *dashboard* do Node-RED, o nó *Matriz* cria matriz com os valores de Potência (W) - usado para calcular os modos ativos dos 4 equipamentos - utilizada nó *Def* em que os valores selecionados no nó *Placar Solar* é usado para calcular quais os modos dos 4 eletrodomésticos deve ser atuado.

No entanto, percebe-se que existe um nós intermediários entre os nós *Matriz* e *Def*. Logo, o nó intermediário *temp* faz a validação da temperatura atual do sistema. Se a temperatura for superior a 20°C o nó *temp* envia comando para o nó *3x4*, caso contrário, para o nó *4x4*.

Isso devido o fato de que se a temperatura estiver superior a 20°C não é necessário ter o uso do aquecedor, logo deve ser inativado, e isso é feito ao passar o comando para o nó *3x4* o que manda ao nó *Def* que o aquecedor deve estar inativo. No cenário contrário, o nó *4x4* manda ao nó *Def* que o aquecedor deve estar ativo e em operação para cálculo de seu modo em que ficará ativo.

À vista disso, é válido apontar que para a tomada de decisão no nó *Def* é tido com base na ordem de preferência dos eletrodomésticos, sendo, respectivamente: geladeira, aquecedor, máquina de lavar roupas e forno elétrico.

Nesse sentidos, dos 3 modos existentes e o *off* (desligado), dos eletrodomésticos, o código dentro deste nó captura o valor do nó *Placar Solar* e opera a análise de qual modo de cada equipamento é o mais proveitoso para o valor energético fornecido pela placa solar; isto feito, a parte do *start 1* torna-se concluída

Em seguida, com atenção à segunda parte do fluxo, que se inicia pelo *start 2*, o qual se auto inicia a cada período de 10 minutos, para que o valor da temperatura coletada pelo IPMA do aeródromo de Bragança-PT, seja atualizada no sistema.

Por conseguinte, com foco na terceira parte do fluxo, a iniciar pelo *start 3*, nela há três caminhos: 1° no nó *Matriz*, 2° no nó *valida* e o 3° no nó *pref 5*. Logo, o primeiro caminho só existe para efeito de comparação, a sua utilidade está para que a cada segundo o seja validado se o aquecedor deve estar ligado ou desligado a partir do valor da temperatura.

Este primeiro caminho do nó *start 3* é o incubido por permitir que ao forçar um valor de temperatura pelo nó *Teste Temperatura* o sistema altere seu comportamento. O qual é, se o aquecedor estiver ativo, os 4 equipamentos se distribuem no consumo da potência gerada pela Placa Solar, enquanto se o aquecedor estiver inativo, apenas os outros 3 equipamentos fazem este proveito.

Isto posto, no segundo caminho do nó *start 3* que vai ao nó *valida*, é neste nó (*valida*) que se verifica se existe um novo valor inserido pelo nó *Placa Solar* ou se foi forçado um novo valor de temperatura de teste pelo nó *Teste Temperatura*, encaminhado pelo próprio corpo do nó *start 3*.

Em seguida ao nó *valida*, no nó *switch*, é o local em que se deve tem a tomada de decisão que o nó anterior, *compara*. Dessa forma, se houve um novo valor inserido pelo nó *Placar Solar*, o fluxo continua, caso não haja um novo valor inserido pelo nó em questão o fluxo se encerra.

Entretanto, note que na terceira parte do fluxo que se inicia em *start 3*, caso o processo que caminha sobre ele seja finalizado no nó *switch*, por sua regra de decisão, um segundo após isso o nó *start 3* inicia novamente o processo que percorre todo este caminho descrito.

Em seguida, no cenário em que o processo consiga passar pela tomada de decisão do nó *switch*, que há novo valor inserido pelo nó *Placar Solar* ou do *Teste temperatura*, o processo segue por novos 3 caminhos. Sendo assim, ao atentar para o segundo e terceiro caminho, de saída do nó *seitch*, de cima para baixo, na Figura 4, é visível que no segundo caminho o processo, no nó *keypar*, cria-se o par de chaves para encriptação.

Paralelamente, ao gerar o par de chaves (pública e privada) para encriptação, o terceiro caminho, que sai do nó *switch* e liga-se ao nó *rsa-e*, então dá-se início ao processo de encriptação com a saída a chave do nó *keypair*, a qual insere no nó *rsa-e* a chave pública para encriptação com o argumento que vem do nó *switch*.

Logo após isso, com o resultado da encriptação no nó *rsa-e*, no nó *Mqtt out*, é posto o tópico *m314866/project*, no qual o argumento encriptado é enviado. Sem demora, é visível na Figura 4, que o terceiro ramo, de cima para baixo, com o nome do nó em *Mqtt in*, este é subscrito no tópico anteriormente descrito e envia os argumentos recebidos no nó *Debug 36*, encriptados, para a tela de debug do Node-RED, como apresenta-se um exemplo na Figura 5.

```
01/06/2023, 08:30:15 node: debug 36
m314466/project : msg.payload : string[172]

"Z9tCZ9yAkDdGFCU68LWL021oLoiZ1P+VW6p4T
EEqc7I1Uq7m7OLdhi8Qd0zX4cQ6r3gxArIH0hS
HL9F5CeXFeziKFFScT6wVXmoASwM+DNISjTN4O
xAfI5FDPwLSy0bNe4TYeQzV3RBAFwdYtu/orjq
D/HdSHQjegD7IggY/EJE="
```

Fig. 5. Exemplo de argumento encriptado no Node-RED

É bom apontar que o argumento encriptado da Figura 5, são os modos em que os eletrodomésticos estão e o valor da corrente elétrica, em 38.148 kW, fornecido pela *Placa Solar*.

Por outro lado, em retorno ao primeiro caminho, o qual sai do nó *switch* e vai para o nó *send*, da segunda parte do fluxo, que se inicia no nó *start 3*, é nele que se passa o percurso no qual envia visualmente ao *Dashboard* do Node-RED os eletrodomésticos, seus modos e a simulação da placar solar em *slider*.

Assim a ser, uma vez o processo passado pelo nó *send*, o qual pega os argumentos nele chegado, tratados anteriormente, e o configura na sintaxe correta para enviar ao nó *Bucket* e aos demais conectados à ele, nó *send*.

Nesse sentido, é nó *Bucket* em que se configura os dados necessários para que o Node-RED se comunique com a base de dados em séries temporais InfluxDB, e que a partir daí é possível fazer análise mais detalhadas dos valores obtidos.

Consoante, no sub-tópico a seguir estará presente com mais detalhes as maneiras de uso do InfluxDB para este projeto. Isto é, nele estará presente a análise do histórico de cada um dos 4 eletrodomésticos, dos modos ativos, em série temporal.

Não obstante, em seguida, é bom apontar que nos nós *value*, *pref 1*, *pref 2*, *pref_2*, *pref 3* e *pref 4*, eles são destinados a formar o layout do dashboard do Node-Red, como apresenta a Figura 6.

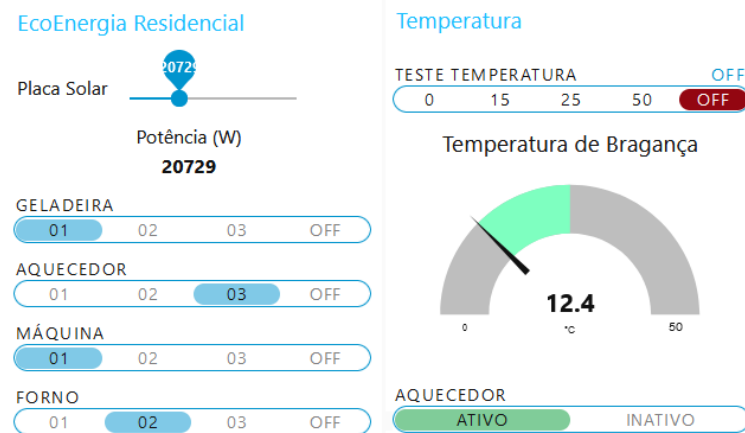


Fig. 6. Exemplo do dashboard no Node-RED com temperatura de Bragança oferecida pelo IPMA em tempo real

Com vista à isso, cada um dos nós acima elucidados, são destinados, repectivamente, para apresentar o valor da potência elétrica (W), o modo ativo da geladeira, aquecedor, máquina de lavar roupas e forno elétrico; presente no exemplo da Figura 6.

Posto isso, é possível ver nesta figura, acima, na primeira parte, da esquerda para a direita, de título em **EcoEnergia Residencial**, que o valor no *slider* de 20.279 kW é suficiente para deixar todos os 4 eletrodomésticos ativos nos modos 1, 3, 1 e 2. Não distante, note que na Figura 5, o valor encriptado foi referente à este cenário da Figura 6.

No entanto, é de fundamental importância notar que os valores dos modos dos 4 eletrodomésticos que estão ativos no lado da Figura 6, do lado do título *EcoEnergia Residencial* é devido ao outro lado de título **Temperatura**.

Essa informação, acima, pode ser validada pelo fato de que a opção selecionada na parte do *Teste Temperatura* estar em *OFF*, o que implica que no sistema a temperatura que é tido como referência é o do IPMA. A qual neste caso está em 12.4 °C, logo, por esta temperatura estar abaixo ou igual a 20°C o aquecedor encontra-se ativo para que seja possível calcular um modo para atuação, dos valores de potência fornecida pela placa solar.

Ainda na Figura 6, a pinça azulada que está no ao lado direito da escrita "Placa Solar", é o *slider* usado para simular a quantidade de potência (W) que a placa solar está a produzir. Dessa forma, para usá-lo basta movimentar para a direita ou para a esquerda.

Para esta situação, em referência à Figura 6, a energia fotovoltaica gerada pela placa solar têm os seus valores no intervalo de 0 A até 70000 (W) de potência . Isto implica que a energia solar realmente é capaz de alimentar 4 eletrodomésticos e os colocar em funcionamento. E que, pelo Node-RED é realmente possível adicionar nível de prioridade de consumo entre os eletrodoméstico como o desejado.

Logo, o fator em questão é do uso de energia fotovoltaica é que quanto mais placas solares instaladas na rede, maior será a energia produzida e possível para utilização. Prontamente, se for desejado utilizar mais energia na residência, que consuma além de 20.279 kW, do exemplo da Figura 6, basta instalar mais placas solares na rede, que isso será possível.

Contudo, é importante apontar que, mesmo que exista uma ordem de prioridade, isto é, uma ordenação de relevância para que um eletrodoméstico esteja a frente de outro, no sentido de permanecer ligado, com foco na quantidade de energia gerada, o valor de consumo energético é de alta relevância.

Isto implica que, por exemplo, se o aquecedor, que tem o seu consumo mínimo de potência, no modo 1, em 0.60 kW A, expresso na Tabela 5, mesmo que esteja atrás da geladeira, em nível de prioridade, caso a placa solar oferte 0.65 kW, a geladeira estará desligada, enquanto o aquecedor operará em seu consumo mínimo, no Modo 1.

Nesse sentido, isso pode ser explicado pelo fato de que a geladeira exige maior consumo energético, em seu modo mínimo de consumo, do que o próprio aquecedor, do valor de potência disponibilizada pela placa solar; o que o permite que o aquecedor esteja ligado, enquanto a geladeira, que é provida de maior prioridade de recepção de energia, encontra-se desligada.

Em continuidade, nota-se que a Figura 6 elucida o caso em que a temperatura do IPMA é igual ou menor que 20 °C, o que deixa o aquecedor no modo *ativo* e calcula, da potência fornecida pela placa solar, um possível modo de atuação. Logo, em cenário em que a temperatura seja superior à 20°C, a seguir encontra-se a Figura 7, em que nela é forçado pela opção do *Teste Temperatura* um valor de 25°C.

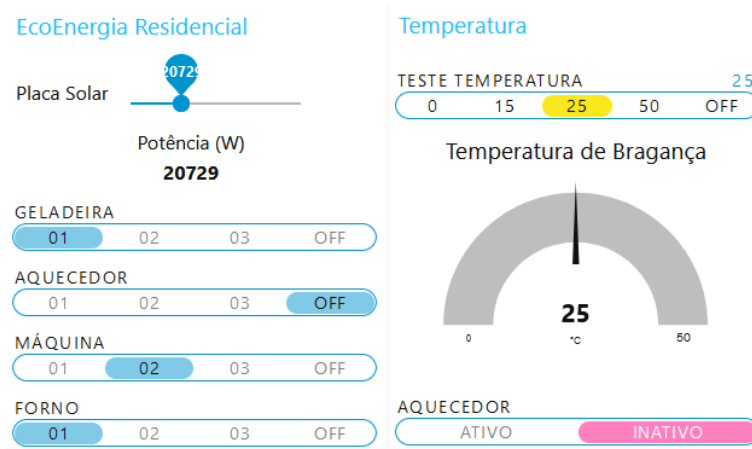


Fig. 7. Exemplo do dashboard no Node-RED com temperatura de 25°C forçado pelo *Teste Temperatura*

Destarte, na Figura 7, na parte de título *Temperatura*, veja que a temperatura está forçada em 25°C, na opção do *Teste Temperatura* e que o aquecedor encontra-se *inativo* em operação, pela temperatura ser superior a 20°C e logicamente não ser preciso o uso do aquecedor.

Consoante, na parte da Figura 7, de título *EcoEnergia Residencial*, perceba que o valor da potência oferecida pela placa solar é a mesma que da Figura 6, de 20.729 kW. No entanto, note que o aquecedor está no modo *OFF*, por estar inativo, enquanto os demais eletrodomésticos se reordenaram para melhor proveito da potência recebida da placar solar.

Dessa forma é visível que o sistema fez uma reordenação dos valores dos modos de cada eletrodoméstico de maneira inteligente, para aproveitar ao máximo a energia fornecida pela placa solar. Para ver isso, basta atentar que na Figura 6 a geladeira, o aquecedor, a máquina de lavar e o forno elétrico estão nos modos, respectivos, 1, 3, 1, 2, enquanto na Figura 7, estão em: 1, *off*, 2 e 1.

Assim sendo, tanto na Figura 6 ou Figura 7, os modos que estão ativos em cada equipamento é uma representação do mundo real, isto é, em escopo futuro, o Node-RED pode mandar informações para módulos nestes equipamentos que realiza efetivamente a mudança de modos e até mesmo o desligamento do eletrodoméstico, se for o caso.

Em seguida, é válido apontar que na Figura 4 na parte de encriptação foi definido e aplicado apenas para enviar dados encriptados e houve a isenção de exemplos em capturar estes dados encriptados e os descriptografar.

Esse fato é dado ao ponto que o projeto busca simplificar os processos, uma vez que se algum indivíduo tiver acesso à chave privada e ao tópico, consegue com sucesso desencriptar o argumento enviado via MQTT com sucesso.

Por fim, uma vez visualizado os processos necessários de atuação para aplicação no Node-RED, o passo seguinte é visualizar os dados coletados no InfluxDB e realizar as análises como a plataforma permite para melhor interpretação dos dados em séries temporais, como está expresso no sub-tópico a seguir.

3.5 DADOS EM SÉRIES TEMPORAIS NO INFLUXDB

Por conseguinte, uma vez o fluxo da Figura 4 percorrido com sucesso e com a inserição dos valores no nó *Bucket* é possível acessar o InfluxDB e realizar as operações de ações na base de dados.

Diante disso, a cada vez que os valores da placar solar variar, isto é, mudar de valor, os dados são enviados para o nó InfluxDB, de tal forma que na plataforma desta base de dados é possível ver gráficos e realizar análises.

Não distante disso, é bom apontar que com os valores dos modos de cada um dos 4 eletrodomésticos armazenados, em espoco posterior, é possível fazer

análise em *deep learning* e perfazer personalização ao usuário e dos melhores horas do dia para se utilizar cada um deles.

Nesse sentido, em seguida, com os valores já inseridos no InfluxDB pelo Node-RED, da placa solar no *dashboard* e dos valores do IPMA e do nó *Teste Temperatura* é possível dar apresentar gráficos desses dados no *InfluxDB*. Para tanto, a seguir consta o primeiro exemplo, na Figura 8, de gráfico em série temporal para o valor de potência em 20.729 kW, aplicada como está presente na Figura 6 e na Figura 7.



_time	_value	_field	_measurement	location	sensorID
2023-06-01 13:34:19	20.73k	potencia	Electric-Project	Inside house	1
2023-06-01 13:34:19	12.4	temperatura	Electric-Project	Inside house	1
2023-06-01 13:34:19	3	aquecedor	Electric-Project	Inside house	1
2023-06-01 13:34:19	2	forno	Electric-Project	Inside house	1
2023-06-01 13:34:19	1	geladeira	Electric-Project	Inside house	1
2023-06-01 13:34:19	1	maquina	Electric-Project	Inside house	1

Fig. 8. Exemplo do histórico no InfluxDB dos 4 equipamentos da temperatura oferecida pelo IPMA

Isto posto, como está presente na Figura 8, veja que a temperatura está a 12.4°C, disponibilizada pelo IPMA, que a potência está a 20.729 kW (arredondada) e que os 4 equipamentos estão com seus modos em: geladeira (modo 1), aquecedor (modo 3), máquina de lavar roupas (modo 1) e forno elétrico (modo 2). Semelhantemente, estes mesmos dados são vistos na Figura 6, logo, isso implica que os valores do Node-RED estão integrados com sucesso ao InfluxDB.

Desse modo, como é visível na Figura 9, o valor da potência é o mesmo o da Figura 7. Que também, a temperatura forçada em 25°C está atuante, como inserido no *dashboard* do Node-RED pelo nó *Teste Temperatura*.

Não distante, ainda é possível ver que na Figura 9, que o aquecedor está em *off*, isto é, desligado. Isso pode ser explicado, com dito anteriormente, se a temperatura for superior a 20°C o aquecedor fica inativo, o que comprova que o InfluxDB está a receber os dados do Node-RED com sucesso.

E para validação final, dessa afirmação, acima posta, note que os valores dos modos da geladeira, aquecedor, máquina de lavar roupas e forno elétrico estão em: 1, *off*, 2, 1, como está também presente na Figura 7.

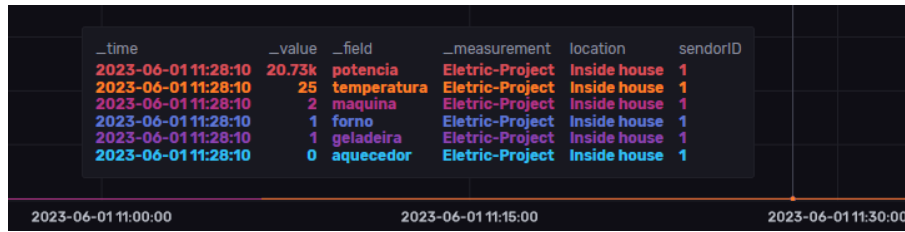


Fig. 9. Exemplo do histórico no InfluxDB dos 4 equipamentos da temperatura forçada em 25°C

Por conseguinte, não distante, como na Figura 8 está apresentado os 4 equipamentos agregados, juntamente com o valor da potência (W), é bom dizer que no InfluxDB é possível fazer outras análises com os 4 equipamentos agregados ou com cada um de maneira individual; a exemplo de *script* para tratar dados no InfluxDB, a seguir consta a Figura 10.

```

1 from(bucket: "Final-project")
2   |> range(start: v.timeRangeStart, stop: v.timeRangeStop)
3   |> filter(fn: (r) => r["_measurement"] == "Eletric-Project")
4   |> filter(fn: (r) => r["_field"] == "temperatura" or r["_field"] == "potencia" or r["_field"] == "maquina" or r["_field"] == "forno" or r["_field"] == "aquecedor")
5   |> filter(fn: (r) => r["location"] == "Inside house")
6   |> aggregateWindow(every: v.windowPeriod, fn: last, createEmpty: false)
7   |> yield(name: "last")

```

Fig. 10. Exemplo de filtragem dos dados armazenados no InfluxDB

De imediato, acima, na Figura 10, exemplifica-se em como perfazer, com base em filtros, intervalos de tempo, agregações e campos, possíveis formas de se fazer análises com foco em uma ou mais variáveis desejadas.

Dessa forma, no exemplo da Figura 10, o intervalo de tempo é dado no tempo de início da coleta de dados até o último instante em que o código da figura foi submetido no InfluxDB. Em seguida, é possível ver filtros por intermédio da medição, tida como *measurement*, pelo campo, localização, agregação e união dos dados.

Por fim, uma vez que pelo InfluxDB deu-se possível realizar a análise dos dados coletados, em gráfico, com os valores obtidos pelo Node-RED, vê-se que houve êxito na interligação dessas duas ferramentas no processo de tratamento dos dados, o que apresenta o sucesso em seu uso.

4 RESULTADOS

Isto posto, por intermédio do desenvolvimento foi possível responder a pergunta base, que é possível, por meio da placa solar, como principal fornecedora de energia, realizar a automação de 4 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 desligamentos dos mesmos. Assim como também, a partir da temperatura atual da residencial ativar ou inativar as operações do aquecedor.

Essa afirmação, acima expressa, é reforçada com base na Figura 4, fluxo de operações dentro do Node-RED, o qual faz a tomada de decisão inteligente de que qual eletrodoméstico deve estar ativo em qual modo, ou desligado, a partir da energia disponibilizada pela placa solar e da temperatura atual da cidade na qual a casa está situada. Neste caso de estudo, na cidade de Bragança em Portugal.

Nesse viés, vê-se também que foi possível a encriptação das informações enviadas via MQTT, como expressou a Figura 5, uma vez que a encriptação dos dados é de essencial importância para a proteção e integridade e confiabilidade dos dados, na sociedade da informação, como afirma Dantas [3].

Em seguida, percebeu-se como resultado que, como está expresso na Figura 6, que ocorre com sucesso, de maneira inteligente, a alteração dos modos dos 4 eletrodomésticos quando a placa solar varia seu fornecimento de energia na rede e quando a temperatura local oscila entre os valores menores e maiores que 20°C.

O que implica que é totalmente possível automatizar uma residência com energia fotovoltaica própria e aplicar tomadas de decisão de acordo com os parâmetros levantados, que neste caso leva em consideração a quantidade de potência fornecida pela placa solar. Assim como também, a ativação ou inativação do aquecedor, em sua operação, a partir da temperatura da casa e remanejo da potência oferecida para os demais equipamentos.

Por fim, percebe-se que houve triunfo na resposta da pergunta base, e que além de ser apreciativa essa afirmação, que a posteriori, é possível aprimorar esse projeto e adicionar módulos nesses equipamentos, até em outros, e que por meio de *machine learning* personalizar seu modo de uso em acordo com os comportamentos do usuário.

5 CONCLUSÃO

Destarte conclue-se que este trabalho logrou êxitos na execução da exploração em referência à pergunta base. Diante disso, com as implicações ditas na introdução, é possível ver que com a energia do futura, fotovoltaica, a partir da auto produção de energia, é possível fazer automação e atuar em nova tecnologias, como a da automação.

Prontamente, nota-se a importância prática e teórica deste trabalho. Logo, compreende-se sua importância prática pelo atual trabalho ter abstraído dados próximos da realidade e ter aplicado nas variáveis dos eletrodomésticos e por ser possível a implementação do projeto, o que elucida sua natureza prática, própria para execução.

Consoante, em sua importância teórica, a partir deste trabalho, é possível que futuros estudos possam se aprofundar neste campo de pesquisa e trazer inovações em potencial que colabore significativamente na vida cotidiana da sociedade moderna.

Apesar dos resultados promissores obtidos, é importante salientar que houve limitações que podem ter influenciado os resultados, tal qual a ausência de uma placa solar, sensor de potência, para acoplar a placa, dados precisos do consumo energético de cada equipamento em seus modos de operação, e o curto tempo disposto para a realização deste projeto.

Com base nos resultados obtidos, inúmeras oportunidades de pesquisa afloram, caminho para futuras investigações neste campo de estudo. A inserção de módulos próprios em cada equipamentos, construídos para atuar na regulação de seus modos a partir da utilização do usuário e da potência disponibilizada pela placa solar e com consideração de variáveis externas, é um exemplo.

Ademais, as descobertas deste estudo têm implicações valiosas tanto para a teoria quanto para a prática. Por esse motivo, os resultados podem oferecer informações suficientes para profissionais, e entusiastas, para tomadas de decisão neste campo de pesquisa.

Por fim, com estes resultados é possível dizer que houve contribuição para a base teórica de estudo nos campos da automação ao expandir os conhecimentos sobre a atuação da auto geração de energia em casa e na sua utilização para automação própria.

REFERÊNCIAS

1. Acharjee, P.: Strategy and implementation of smart grids in india. Energy Strategy Reviews **1**(1), 193–204 (2013). <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.esr.2012.05.003>
2. do Mar e da Atmosfera, I.P.: Interface de programação de aplicações do ipma, <https://api.ipma.pt/>
3. Dantas, T.: Criptografia, <https://mundoeducacao.uol.com.br/informatica/criptografia.htm>
4. Duarte, R.: Qual a importância da automação residencial, <https://pt.linkedin.com/pulse/qual-%C3%A9-atual-import%C3%A2ncia-da-automa%C3%A7%C3%A3o-residencial-para-rogerio-duarte>
5. Fares, R., Webber, M., P.: The impacts of storing solar energy in the home to reduce reliance on the utility. Nat Energy **2** 1(17001), 1–3 (2017). <https://doi.org/https://doi.org/10.1038/nenergy.2017.1>
6. Gomes, J.A.: Porque sobem os preços da energia, <https://curtlink.com/C3A0oLM>
7. Lakatos, L., Hevessy, G., Kovács, J.: The impacts of storing solar energy in the home to reduce reliance on the utility. World Futures **6**(67), 395–408 (2011). <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/02604020903021776>
8. Rodrigues, G.: Telhas solares fotovoltaicas uma aposta no futuro, <https://pt.linkedin.com/pulse/telhas-solares-fotovoltaicas-uma-aposta-futuro-geraldo-rodrigues>
9. Totvse, E.: Internet das coisas: o que é, exemplos e impactos, <https://www.totvs.com/blog/inovacoes/aplicacoes-da-internet-das-coisas/#:~:text=Na%20pr%C3%A1tica%2C%20a%20Internet%20das,gerenciar%20esses%20objetos%20%C3%A0%20dist%C3%A2ncia.>