

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
FACULDADE DE COMPUTAÇÃO
CURSO DE ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO

DALIAN GOWERT

**SISTEMA DE GESTÃO DE ENERGIA DE *CAMPUS*
UNIVERSITÁRIO COM A PLATAFORMA HOME
ASSISTANT**

Área: Internet das Coisas

Julho de 2024

DALIAN GOWERT

**SISTEMA DE GESTÃO DE ENERGIA DE *CAMPUS*
UNIVERSITÁRIO COM A PLATAFORMA HOME
ASSISTANT**

Área: Internet das Coisas

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito parcial à
obtenção do título de Bacharel em
Engenharia de Computação da
Universidade Federal de Mato Grosso do
Sul.

Orientador(a): Prof^a Dra. Nadya Kalache

Julho de 2024

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo desenvolver uma plataforma para o gerenciamento do consumo de energia elétrica na Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS). Para tanto, foi implementado um projeto piloto de controle energético no Setor 1 - Bloco 11 da instituição, utilizando a plataforma *Home Assistant* (HASS). Diversos dispositivos foram instalados, incluindo um multimedidor de grandezas energéticas para monitorar o consumo geral do bloco, dispositivos IoT com firmware *Tasmota* para controlar o consumo dos aparelhos de ar-condicionado e pontos de iluminação, além da integração com o sistema fotovoltaico. Dessa forma, foi possível desenvolver um modelo de *dashboard* para a visualização dos dados do bloco e de cada sala pertencente a ele, o que permitiu tanto um gerenciamento macro quanto micro. Ademais, o trabalho avaliou o uso da plataforma *Home Assistant* e do firmware *Tasmota*, que se mostraram bastante promissores para a instituição. Também foi desenvolvido um dispositivo para o controle de aparelhos HVAC via LED IR e a aquisição de dados térmicos do ambiente. Isso possibilitou a criação de automações, permitindo o controle dos ambientes sem a necessidade de intervenção humana. Essas iniciativas contribuíram para melhorias significativas em termos de eficiência, sustentabilidade, segurança e experiência do usuário, além de preparar a UFMS para desafios futuros.

Palavras-chave: Internet das Coisas; Eficiência Energética; *Campus* inteligente.

ABSTRACT

This work aimed to develop a platform for managing electricity consumption at the Federal University of Mato Grosso do Sul (UFMS). To this end, an energy control pilot project was implemented in Sector 1 - Block 11 of the institution, using the Home Assistant (HASS) platform. Various devices were installed, including a multi-measurement energy meter to monitor the block's overall consumption, IoT devices with Tasmota firmware to control the consumption of air conditioners and lighting points, and integration with the photovoltaic system. This enabled the development of a dashboard model for visualizing the data of the block and each of its rooms, allowing for both macro and micro management. Furthermore, the work evaluated the use of the Home Assistant platform and Tasmota firmware, which proved to be very promising for the institution. Additionally, a device was developed for controlling HVAC equipment via LED IR and acquiring thermal data from the environment. This allowed the creation of automations, enabling the control of environments without the need for human intervention. These initiatives contributed to significant improvements in terms of efficiency, sustainability, security, and user experience, in addition to preparing UFMS for future challenges.

Keywords: Internet of Things; Energy Efficiency; Smart campus.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	7
2	JUSTIFICATIVA.....	9
3	OBJETIVOS.....	11
3.1	Objetivo Geral	11
3.2	Objetivos Específicos	11
4	REFERENCIAL TEÓRICO.....	12
4.1	Eficiência energética e o uso de automações.....	12
4.2	Exemplos de <i>Smart Campus</i>	15
5	MATERIAIS E MÉTODOS.....	19
5.1	Consumo energético geral	19
5.2	Geração Fotovoltaica.....	21
5.3	Dispositivos <i>IoT</i>	22
5.3.1	<i>Sonoff Pow R2</i>	22
5.3.2	<i>Sonoff Mini/Sonoff T0US3C</i>	24
5.3.3	<i>Sonoff Basic</i>	24
5.4	<i>Tasmota</i>	26
5.5	<i>Home Assistant</i>	28
5.5.1	Dispositivo via Modbus	29
5.5.2	Geração Fotovoltaica	30
5.5.3	Dispositivos <i>Tasmota</i>	31
6	ESTUDO DE CASO.....	33
7	RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
7.1	Disposição dos dados no <i>Home Assistant</i>	35
7.2	Experiência com o uso do HASS	38
7.3	Experiência com o uso de dispositivos com <i>Tasmota</i>	41
7.4	Implementação de automações no HASS.....	42
8	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	46
9	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	47
	ANEXO A – CÓDIGO YAML DE CONFIGURAÇÃO DE DISPOSITIVO MODBUS	
	NO HASS.....	50

**ANEXO B – CÓDIGO DE CONFIGURAÇÃO DO CONTROLE PARA AR-
CONDICIONADO54**

1 INTRODUÇÃO

A crescente preocupação com o uso eficiente dos recursos energéticos tem ganhado cada vez mais relevância. A crise climática ocasionada pela emissão de gases de efeito estufa evidencia a importância do investimento em economia de baixo carbono, a busca por alternativas mais sustentáveis e novas tecnologias para melhorar a gestão do consumo de energia.

Os primeiros estudos e pesquisas na área de eficiência energética e conservação de energia surgiram na década de 1970, motivados pela primeira crise do petróleo. Segundo Castro *et al.*, temos que:

O estopim da crise do petróleo em 1973 alterou radicalmente o cenário de segurança energética até então verificado, obrigando a adoção de políticas de eficiência energética e, acima de tudo, investimentos em bens energéticos substitutos, com destaque à energia nuclear e, principalmente, ao gás natural. (CASTRO *et al.*; 2022; p. 1)

Essas medidas foram essenciais para evitar uma piora da crise econômica estabelecida até então e permitiram equilibrar a oferta e a demanda de energia utilizada.

Atualmente, vemos que a gestão energética pode ser aplicada em diferentes áreas, como produção, distribuição, petróleo e gás, energias renováveis, geração distribuída, regulação, financiamento, entre outras. Sob o foco do consumidor final, as ações de eficiência energética buscam a redução do consumo de energia para um mesmo nível de produção, sem a perda da qualidade e segurança do sistema que se analisa (FILIPPO FILHO, 2018).

As principais vantagens da gestão de energia são a diminuição dos custos com energia, redução de demanda futura de energia, redução do impacto associado à variação do preço da energia, redução da emissão de gases de efeito estufa e de outros impactos ambientais. Desta forma, as ações de gerenciamento e conservação da energia são de suma importância nas organizações e contribuem para a otimização deste insumo.

Nesse contexto, tecnologias emergentes como a Internet das Coisas (*IoT*) têm se mostrado ferramentas valiosas para alcançar esses objetivos. A *IoT* vem sendo amplamente utilizada em projetos de eficiência energética. Por meio da interconexão de dispositivos e sensores, ela possibilita o monitoramento em tempo real do consumo de energia, permitindo a identificação de padrões de uso e o desenvolvimento de estratégias para reduzir o consumo de energia.

As tecnologias baseadas em internet das coisas (*IoT*) são imprescindíveis para as infraestruturas inteligentes. Essas soluções permitem a utilização dos recursos de maneira eficiente para melhorar a qualidade de vida da comunidade, reduzir os impactos ambientais, incentivar a inovação e promover o desenvolvimento local (AHMED; PICCIALLI, 2018).

No contexto de universidade inteligente, a utilização de soluções e tecnologias inteligentes melhoram a qualidade de vida da comunidade acadêmica em áreas como transporte, segurança, meio ambiente, energia, atividades de ensino e demais áreas do ambiente universitário.

Portanto, neste trabalho, pretendemos abordar como alcançar uma melhor gestão dos recursos energéticos em uma universidade por meio da utilização de dispositivos de gerenciamento e monitoramento do consumo de energia elétrica. Isso incluirá tanto o controle a nível de prédio quanto a gestão de cargas menores, como aparelhos de ar-condicionado e iluminação. Além disso, pretendemos utilizar automações para realizar um controle mais preciso e eficiente dessas cargas.

2 JUSTIFICATIVA

O estímulo para a aplicação de medidas de gestão energética em prédios públicos vem aumentando ao longo dos anos pela sua importância em contribuir na redução das emissões de gases de efeito estufa, que impactam diretamente nas condições climáticas do nosso planeta e pela utilização e desenvolvimento de novas tecnologias e inovação em um mercado cada vez mais competitivo.

Os prédios públicos estão classificados, para fins de tarifação, na classe Poder Público, no qual se enquadram as atividades dos Poderes Públicos, que são: Federal, Estadual e Municipal. De acordo com o Boletim Energético Nacional, BEN 2023, a quantidade de unidades consumidoras da classe Poder Público, atualizada no ano de 2023, correspondeu a aproximadamente 790 mil unidades.

A Universidade Federal do Mato Grosso do Sul – UFMS pertence a classe Poder Público e no ano de 2023 consumiu 8,4 MWh de energia elétrica e o custo anual com eletricidade foi de mais de 9 milhões de reais. (UFMS, 2024)

Diante desses números, a implementação de conceitos inovadores torna-se essencial para a otimização dos recursos. O conceito de *Smart Campus* é derivado do conceito de *Smart Cities*, donde Bandeira et al. (2022) nos diz que este conceito está atrelado à utilização de tecnologia e de Internet das Coisas para gerar eficiência na utilização dos recursos energéticos e melhorar os processos dos serviços no campus, além de promover a qualidade de vida e conforto no uso dos ambientes da instituição pelos funcionários, alunos e professores.

A aplicação do conceito de *Smart Campus* na UFMS visa integrar tecnologias avançadas para monitorar e gerir de forma eficiente os recursos energéticos, melhorar a infraestrutura e os serviços oferecidos, e garantir a sustentabilidade ambiental. Essas iniciativas são fundamentais para lidar com o grande fluxo de pessoas e a complexidade das operações diárias no campus.

Sabe-se que a maior parcela do consumo de eletricidade na universidade corresponde as edificações para o atendimento de cargas de iluminação e ar-condicionado. Desta forma, verifica-se a necessidade de realizar estudos voltados à eficiência energética e o correto gerenciamento da energia, de forma a assegurar o acesso confiável para as atividades de ensino, pesquisa e extensão de maneira sustentável e moderno.

Além disso, a UFMS está comprometida com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Organização das Nações Unidas (ONU), com metas estabelecidas para 2030. Entre esses objetivos, destacam-se a promoção de energia limpa e acessível (ODS 7), a construção de cidades e comunidades sustentáveis (ODS 11) e a ação contra a mudança global

do clima (ODS 13). Alinhar as práticas da universidade com esses objetivos é essencial para que a UFMS cumpra seu papel de liderança institucional e social na promoção da sustentabilidade.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho é desenvolver uma plataforma para gerenciamento do consumo de energia elétrica da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS.

3.2 Objetivos Específicos

- Realizar um diagnóstico sobre a gestão atual do uso e aquisição de energia elétrica na UFMS;
- Implementar um projeto piloto no Setor 1 - Bloco 11, com a instalação de dispositivos *IoT* nas cargas de iluminação e ar-condicionado, para monitoramento e controle individual de carga;
- Consolidar os dados coletados na plataforma *Home Assistant*, promovendo uma gestão integrada e inteligente do consumo energético;
- Avaliar a eficácia da plataforma *Home Assistant* na gestão energética.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 Eficiência energética e o uso de automações

A eficiência energética é um tema de crescente importância, devido aos custos elevados, incertezas de disponibilidade e questões ambientais. É definida como “a utilização da energia da forma mais otimizada possível, de modo a atender aos serviços previstos com qualidade e utilizando a menor quantidade de recursos possíveis”. (PAIXÃO, 2020, p. 29)

Diversas empresas e órgãos governamentais possuem programas específicos para promover o uso eficiente da energia. Exemplos incluem a Eletrobrás, responsável pelo Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (Procel); a Petrobrás, com o Programa Nacional de Racionalização do Uso de Derivados de Petróleo e Gás Natural (Conpet); e a ANEEL, com o Programa de Eficiência Energética das Concessionárias Distribuidoras de Energia Elétrica (PEE).

Todos eles têm por objetivo reduzir o consumo de energia, promover a sustentabilidade, diminuir os custos operacionais, incentivar a adoção de tecnologias mais eficientes e contribuir para a mitigação dos impactos ambientais associados ao uso de energia.

Além disso, segundo Viana *et al.* (2012, p. 31) “o Plano Nacional de Energia (PNE 2030) definiu para 2030 uma meta de economia de 10% no consumo final de energia elétrica, a ser alcançada mediante o incremento da eficiência dos sistemas energéticos”.

Nas universidades e instituições de ensino esse é um tema abordado, visto que MME (2017, p. 1) “o gasto com energia elétrica representa um dos principais itens de custeio das instituições públicas de ensino superior, e que parte considerável dessa despesa poderia ser evitada por meio de ações de eficiência energética e da implantação de sistemas de geração própria de energia”.

Portanto, a adoção de medidas para promover a eficiência energética pode resultar em economia de recursos, menor necessidade de investimentos em infraestrutura, além de reduzir o impacto ambiental e aumentar a segurança energética.

Para a concretização, existem algumas linhas de ações que podem ser tomadas. A primeira delas é a tecnológica que visa o desenvolvimento de novos produtos e processos, que sejam mais eficientes energeticamente, além do uso de fontes renováveis e o incentivo para a diversificação da matriz energética (MESQUITA *et al.*, 2009)

USO RACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA NA UFG

FIQUE ATENTO!

Ar-condicionado

Maior responsável pelo consumo de energia

O ar condicionado corresponde em média a 30% do valor da conta de energia.

Utilizar somente quando necessário

Sempre que possível use a ventilação natural. Abra as janelas ao longo do seu ambiente de trabalho ou estudo e apenas use o ar condicionado quando realmente for necessário.

A temperatura ideal é de 23°C a 24°C

É difícil agradar a todos, mas a temperatura considerada ideal para manter o ambiente confortável é entre 23°C e 24°C.

Com o aparelho ligado, manter portas e janelas fechadas

Lembre-se, a regra é: com o ar condicionado desligado, abra todas as portas e janelas, se precisar ligar o ar condicionado, feche tudo.

Ao sair, desligue o ar

O último a sair da sala não pode esquecer de desligar o ar condicionado.

Computadores

Nas pausas desligue o monitor

Sempre que você der uma pausa no seu trabalho, desligue o monitor de vídeo. Feche o componente do computador que mais consome energia. Se puder, configure-o para desligar automaticamente após alguns minutos sem utilização.

Nas pausas mais prolongadas, desligue totalmente o aparelho, inclusive o estabilizador.

Ao sair, desligue todos os equipamentos, inclusive estabilizadores

Além dos computadores, não se esqueça de desligar as impressoras, estabilizadores e outros aparelhos que consomem energia elétrica, confirmando tudo antes de sair. Principalmente à noite, fins de semana e feriados.

Iluminação

Aproveite ao máximo a luz natural

Sempre que possível, utilize ao máximo a iluminação natural. Evite acender lâmpadas durante o dia abrindo janelas, portas e persianas e coloque mesas, lugares de leitura ou trabalho perto das janelas.

Ao sair, apague todas as luzes

Sempre desligue todas as lâmpadas quando voltar ou deixar a sala, inclusive de ambientes de uso provisório, como banheiros, dispensas e almoxarifados.

Confira mais dicas em: sustentabilidade.profrh.ufg.br

A RESPONSABILIDADE É DE TODOS.

UFG SUSTENTÁVEL

UFG UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS

Figura 1 – Campanha de conscientização do uso de energia elétrica.
Fonte: <https://link.ufms.br/OQZ6C>.

No entanto, é crucial também abordar o lado social e comportamental, conscientizando os consumidores sobre o uso eficiente dos recursos energéticos e incentivando mudanças de comportamento que evitem desperdícios, como pode ser visto na figura acima.

Além disso, a linha institucional desempenha um papel fundamental, atuando na avaliação e regulamentação para assegurar uma gestão eficiente dos recursos, especialmente em instituições públicas de ensino.

Seguindo a linha institucional, uma medida importante é a gestão do consumo energético em tempo real, fornecendo transparência e detalhes sobre o consumo para as administrações setoriais da universidade. Essa abordagem não só possibilita uma análise precisa do uso de energia, mas também abre caminho para a implementação de automações, que são tarefas realizadas automaticamente, sem intervenção humana.

É sabido que alguns elementos básicos são essenciais para o funcionamento dos sistemas de automação. Entre eles estão controladores, sensores, atuadores, barramentos e interfaces. Esses componentes trabalham em conjunto para permitir o controle energético eficiente e

garantir o conforto dos usuários. (ACCARDI; DODONOV, 2012). Abaixo, temos uma ilustração de como se dá essa organização:

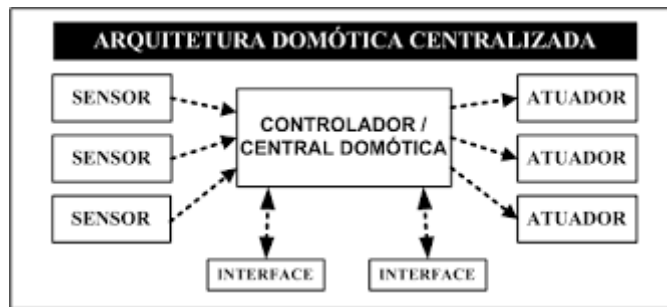


Figura 2 - Arquitetura de um sistema de automação
Fonte: <https://link.ufms.br/94SEn>.

Sobre os controladores, temos que:

São dispositivos que controlam os sensores e atuadores, monitorando as informações contidas nos sensores, além disso, o referenciado pode enviar comandos para que um atuador ative ou desative algum equipamento. Nada obstante, os controladores apresentam interfaces independentes, na forma de um controle remoto, ou são sofisticadas centrais de automação. (SILVA, 2019, p. 24)

Dessa forma, os sensores capturam informações do ambiente, convertendo grandezas físicas em dados legíveis por sistemas eletrônicos, que são enviados pelos barramentos ao controlador. Com a interpretação dos dados recebidos, o controlador envia impulsos para os atuadores. Segundo Accardi e Dodonov (2012, p. 157), os atuadores "são dispositivos eletromecânicos que recebem comandos do sistema de automação e ativam os equipamentos automatizados."

Por fim, temos as interfaces, que permitem aos usuários acessarem as informações coletadas e interagir com o sistema. Com todos esses componentes trabalhando em conjunto, é possível criar automações que combatam o desperdício de energia e promovam a eficiência energética.

Para Bolzani (2004), um exemplo de aplicação é o monitoramento e controle de consumo (água/gás/energia), utilizando sensores e atuadores que permitem o controle em tempo real. Isso possibilita visualizar gráficos comparativos dos equipamentos que mais consomem recursos e gerenciar o consumo de forma mais eficiente. Esse exemplo alinha-se a um dos objetivos deste trabalho: monitorar o consumo de energia do bloco e de dispositivos de alto consumo energético, como aparelhos de ar-condicionado.

Os sistemas de aquecimento, ventilação e ar-condicionado (HVAC) têm um grande impacto na conta de energia das instituições de ensino. A automação desses sistemas pode

proporcionar significativas economias de energia. Conforme citado por Accardi e Dodonov (2012, p. 159), “o consumo de energia é uma das vantagens de se automatizar o sistema de HVAC, de forma que o equipamento pode ser programado para, em conjunto com sensores de temperatura, ser ligado ou desligado ao atingir as temperaturas desejadas.” Além disso, a instalação de sensores de presença, que indicam se a sala está ocupada ou não, pode desligar o sistema quando não há ninguém, reduzindo assim o desperdício de energia.

4.2 Exemplos de *Smart Campus*

Em uma pesquisa bibliográfica sobre a implementação de *Smart Campus* em universidades no Brasil e em outras regiões do mundo, encontram-se diversos modelos já aplicados, cada um com diferentes enfoques e ações.

Por exemplo, a universidade americana *Drexel*, localizada na Filadélfia, implementou tecnologias avançadas de gestão energética utilizando *smart grids*. Essas tecnologias permitiram uma gestão mais eficiente do consumo de energia, contribuindo para a sustentabilidade do campus.

Para a implementação desse programa usando tecnologias inteligentes, a universidade recebeu 1,179 milhão de dólares de repasse estadual. Esse dinheiro financiou a implementação de tecnologias avançadas de medição e de gerenciamento de carga dinâmica que permitiu a universidade construir uma infraestrutura sofisticada enquanto ela se prepara para uma modernização da sua rede. *Drexel* reconheceu que suas instalações no campus continham energia latente e distribuída que poderia ser aproveitada para produzir receitas e reduzir gastos de energia, ao mesmo tempo que poderia melhorar a fiabilidade e eficiência de rede de distribuição local (EPRI, 2014)

Além disso, *Drexel* possui em tempo real todo o controle de consumo energético da instituição. Eles implementaram um sistema de economia de custos com energia baseado em preços em tempo real, permitindo que a universidade compre energia em momentos do dia quando a demanda é baixa e venda o excesso de energia para a rede (DREXEL, 2015).

No Brasil, a aplicação do conceito de *Smart Campus* ainda está restrita a algumas localidades específicas. Segundo Bandeira et al. (2022, p. 8), “identificou-se nove *Smart Campus*, através da pesquisa realizada nos sites das Instituições. Eles estão situados nos Estados de São Paulo e de Minas Gerais. Os demais, três estão situados na região Nordeste e um na Capital do Brasil”.

Além disso, a autora afirma que eles focam na gestão da universidade com a inserção de tecnologia, utilizando dispositivos *IoT* para melhorar a qualidade dos serviços e gerar dados

gerenciais. Isso concorda com Soares (2023), que afirma que as iniciativas de *Smart Campus* podem ser agrupadas em três objetivos principais:

- Desenvolvimento e aplicação de tecnologias;
- Desenvolvimento de técnicas de adoção de *Smart Cities*; e
- Desenvolvimento e eficiência no uso dos recursos das universidades

Um exemplo de *Smart Campus* no Brasil é o da Faculdade de Engenharia de Sorocaba – FACENS. Ela é dividida em eixos de atuação, conforme a imagem a seguir:

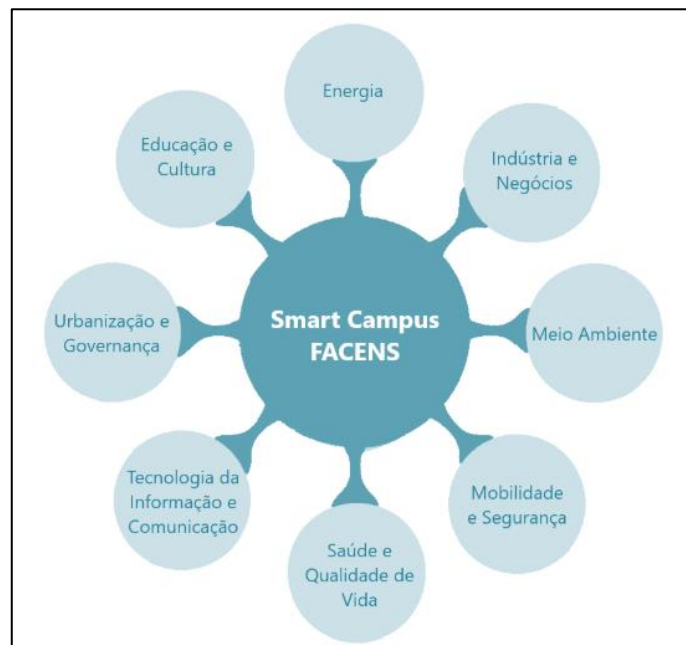


Figura 3 - Eixos de atuação Smart Campus FACENS
Fonte: <https://link.ufms.br/XdjiV>.

No eixo de energia, o site oficial da FACENS cita que este “explora o potencial do espaço do campus para demonstrações em escala real ou de POC (prova de conceito) da aplicabilidade de energias renováveis, eficiência energética e *Smart Grid*” (FACENS, 2024, p. 1). Além disso, é interessante notar que:

O campus inteligente da FACENS possui vários sensores espalhados em toda sua extensão que coletam diversos dados tais como: consumo de água, geração de energia fotovoltaica, qualidade do ar, tráfego, vagas de estacionamento, câmeras de segurança, estação meteorológica, coleta seletiva de lixo, etc. (MATOS, 2021, p. 24)

Assim, é possível notar que este modelo foca na divisão de atividades relacionadas ao assunto em várias áreas. No campo da energia, vemos que é focado na possibilidade de um controle do consumo da universidade, além da implementação de *Smart Grids* e geração por fontes limpas de energia. Também nota-se que os projetos aplicados são feitos pelos próprios alunos durante as atividades do curso, o que faz com que eles adquiram experiência prática em tecnologias inovadoras e sustentáveis, promovendo uma formação mais completa e alinhada às demandas do mercado atual.

Um outro modelo de *Smart Campus* é concebido pela Unicamp. Ele adota uma abordagem que foca no desenvolvimento de soluções tecnológicas com o uso de inteligência artificial e *IoT*. De acordo com Bandeira *et al.* (2022, p. 10) “Este projeto tem como objetivo utilizar o conceito de Internet das Coisas na Unicamp de modo a obter informações para uma inteligência de controle mais eficiente e tomada de ações mais assertivas, de forma que tornem nosso dia a dia no campus mais produtivo”.

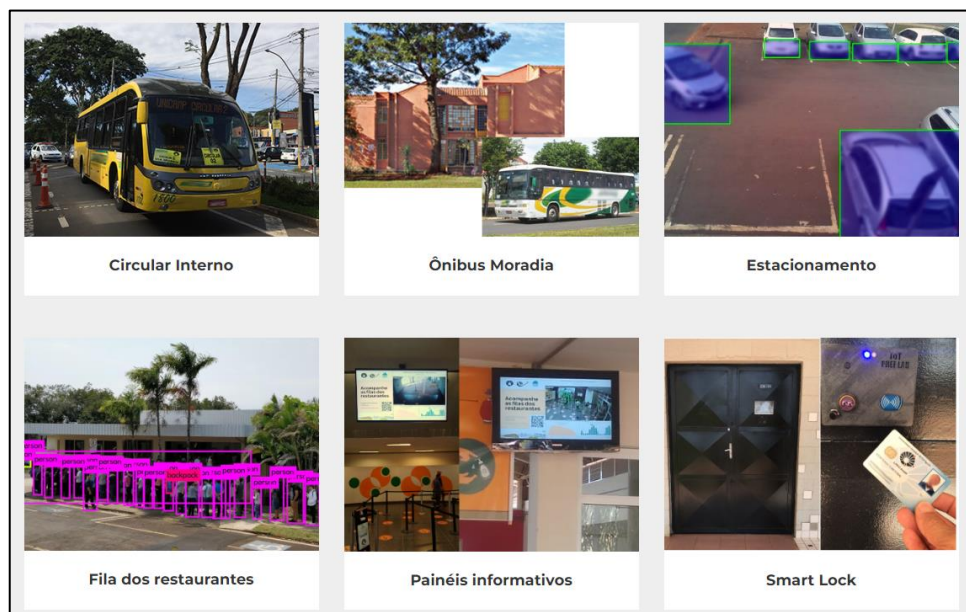


Figura 4 - Soluções desenvolvidas pelo *Smart Campus* Unicamp
 Fonte: <https://link.ufms.br/Dza2G>.

Como pode ser observado na figura acima, algumas das soluções implementadas incluem o rastreamento em tempo real do ônibus circular, o controle da ocupação dos restaurantes universitários, a verificação de ocupação dos estacionamentos e o controle de acesso em salas e laboratórios.

Essas iniciativas mostram que as ideias de *Smart Campus* focam na melhoria das ações da comunidade universitária. Objetos inteligentes fornecem informações valiosas que

aprimoram a tomada de decisões e aumentam a eficiência dos serviços. Além disso, essas informações sustentam o desenvolvimento de projetos que beneficiam áreas como segurança, locomoção, convivência e qualidade de vida.

Ao utilizar tecnologias avançadas, as universidades podem criar um ambiente mais conectado e eficiente, onde os recursos são geridos de maneira mais inteligente e sustentável, beneficiando toda a comunidade acadêmica.

5 MATERIAIS E MÉTODOS

O escopo deste trabalho consiste em avaliar o uso de dispositivos de gerenciamento e monitoramento de consumo de energia elétrica, inicialmente no Setor 1 - Bloco 11 da UFMS, visando a elaboração de um modelo de expansão para outros prédios dela.

Dessa forma, os principais dispositivos utilizados foram: 1) um dispositivo de medição geral do consumo do Setor 1 - Bloco 11; 2) dispositivos para controle do consumo de cargas elevadas, como aparelhos de ar-condicionado; 3) dispositivos para controle de iluminação, permitindo o acionamento remoto, quando necessário; 4) dispositivo para realizar o acionamento de equipamentos via infravermelho, como ar condicionado, projetor, etc.; 5) dispositivos diversos para obter características do ambiente analisado, por meio de sensores; 6) avaliação da geração fotovoltaica instalada nesse bloco, com base nas informações fornecidas pelo inversor.

É importante ressaltar que todos os dispositivos foram interconectados em uma rede *Wi-Fi* específica para eles, denominada *m2m-ufms*, fornecida pela Agência de Tecnologia da Informação e Comunicação – AGETIC. Isso permitiu o aproveitamento da infraestrutura de rede já existente nas dependências da instituição, evitando a necessidade de instalação de novos pontos de acesso.

A seguir, apresentamos uma explicação dos dispositivos escolhidos para este trabalho, bem como uma breve descrição de como foi realizada sua instalação. Além disso, explanamos sobre o *Tasmota* e o *Home Assistant*, sistemas que foram usados para a implementação desse trabalho.

5.1 Consumo energético geral

Atualmente, o fornecimento de energia elétrica pela companhia ao Setor 1 - Bloco 11 é feita por meio de uma subestação com um transformador de 150 kVA trifásico.

Assim, para conseguirmos realizar a medição do consumo geral, abrangendo toda a energia utilizada por aparelhos de ar-condicionado, iluminação, eletrônicos e outros dispositivos instalados, foi empregado o Multimetro de Grandezas Elétricas, modelo MD30, fabricado pela Embrasul, que já havia sido adquirido com essa finalidade específica.

Tal dispositivo permite a obtenção de uma variedade de dados de sistemas elétricos trifásicos. Entre suas principais características, destacamos:

- **Alimentação:** 80-300VAC/VDC

- **Consumo:** 10VA
- **Medição de tensão:** 30-300VAC \pm 0,5 %
- **Medição de corrente:** até 3000A \pm 0,5 %, com o uso do sensor de corrente TISLIM
- **Frequência:** 45-75Hz
- **Comunicação:** Ethernet via Protocolo ModBus



Figura 5 - Imagem frontal do MD30.
Fonte: <https://link.ufms.br/smylm>.

A sua instalação foi feita diretamente no quadro central de distribuição do bloco. Para a comunicação, ligou-se um cabo de rede até um switch de rede da instituição. Isso permitiu o acesso ao dispositivo por meio de um IP local. A seguir, temos uma imagem de como ficou a instalação:

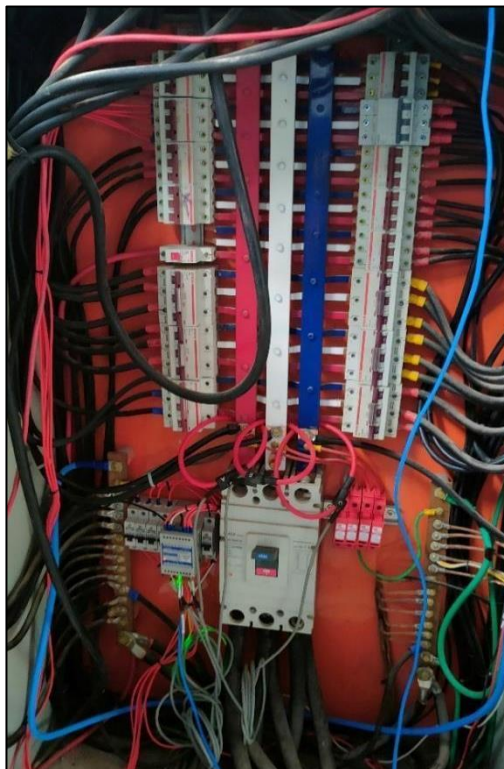


Figura 6 - Dispositivo MD30 instalado no quadro de distribuição do Setor 1 - Bloco 11.
Fonte: Arquivo local.

5.2 Geração Fotovoltaica

Uma outra integração de muita importância para o propósito desse trabalho é a avaliação do sistema de geração fotovoltaica que está instalada nesse bloco. É, a partir desses dados, que podemos calcular o real consumo de energia vinda da distribuidora. Destaca-se que a instalação atual tem as seguintes características:

- **Placa Solar**
 - **Potência por unidade:** 385 W
 - **Quantidade de placas:** 96
 - **Potência total:** 36,96 kWp
- **Inversor**
 - **Modelo:** GW30KLV-MT
 - **Potência nominal de saída:** 30 kWp
 - **Comunicação:** WiFi, RS485

A seguir temos uma figura mostrando o inversor instalado.



Figura 7 - Inversor GoodWe GW30KLV-MT.

Fonte: Arquivo local.

5.3 Dispositivos *IoT*

O uso de dispositivos *IoT* para automação, oferece uma solução prática e eficaz para monitorar e gerenciar o consumo de energia em diversos equipamentos elétricos. Com funcionalidades que vão desde a medição precisa do consumo energético até o controle remoto de dispositivos, eles proporcionam aos usuários maior comodidade e eficiência energética.

Neste trabalho, foram utilizados dispositivos da marca *Sonoff*, uma empresa de destaque no mercado de automação residencial e industrial. A *Sonoff* é conhecida por sua ampla gama de produtos que se integram perfeitamente a diferentes ambientes e necessidades, oferecendo soluções inovadoras para uma vida mais conectada e inteligente.

A seguir, apresentaremos uma análise detalhada de cada modelo utilizado, suas características técnicas e as vantagens que oferecem no contexto da automação residencial e empresarial.

5.3.1 *Sonoff Pow R2*

Para o controle do consumo de cargas de potência considerável, como os aparelhos de ar-condicionado, foi empregado o dispositivo *Sonoff Pow R2*. Este dispositivo permite não apenas

a obtenção de dados de consumo energético, mas também pode atuar como um switch, possibilitando o desligamento e ligamento remotos do dispositivo.

Segundo o site oficial (SONOFF, 2024), o dispositivo suporta:

- **Tensão:** 100-240V AC
- **Corrente máxima:** 15A
- **Potência Máxima:** 3500W

A pesquisa realizada no site do Inmetro (2023) confirmou a adequação do *Sonoff Pow R2* para o controle de ar-condicionado de até 36.000 BTUs. Esse valor se alinha bem com os aparelhos instalados atualmente no bloco 11, garantindo que o dispositivo possa ser utilizado sem preocupações de sobrecarga ou incompatibilidade.

Para uma instalação organizada e segura, cada ar-condicionado foi conectado a um disjuntor específico, e um quadro elétrico dedicado foi montado para acomodar os dispositivos *Sonoff*, um para cada unidade de ar-condicionado. Essa abordagem não só facilita a manutenção e o gerenciamento individual dos aparelhos, mas também contribui para uma aparência mais limpa e profissional da instalação.



Figura 8 - Quadro com *Sonoff POW R2* instalados.

Fonte: Arquivo Local.

5.3.2 *Sonoff Mini/Sonoff T0US3C*

Para o controle da iluminação, optamos pela escolha dos dispositivos *Sonoff Mini* e *Sonoff T0US3C*, cada um com uma aplicação específica, o que demonstra como a automação residencial pode ser personalizada para atender às necessidades específicas de cada ambiente.

O *Sonoff Mini*, sendo compacto e versátil, é ideal para a instalação em espaços limitados, permitindo o controle de um único interruptor de forma inteligente e discreta.

Por outro lado, o *Sonoff T0US3C* é uma solução mais robusta, capaz de gerenciar até três interruptores simultaneamente. Sua integração de teclas *touch* para acionamento local não só adiciona um toque moderno e elegante ao design do interruptor, mas também proporciona uma interface intuitiva para o controle manual da iluminação, sem comprometer a funcionalidade inteligente do dispositivo. Uma imagem dele pode ser vista a seguir:



Figura 9 - Sonoff T0US3C.
Fonte: <https://link.ufms.br/gHQ0a>.

5.3.3 *Sonoff Basic*

O *Sonoff Basic* é uma variação mais antiga e ligeiramente maior do *Sonoff Mini*, conhecido por sua robustez e confiabilidade. Uma das características mais interessantes do *Sonoff Basic* é a facilidade com que os usuários podem explorar as *GPIOs* (General Purpose Input/Output) disponíveis nos terminais da placa de circuito impresso (PCB). Essa característica torna o *Sonoff Basic* particularmente atraente para entusiastas e desenvolvedores de projetos *DIY* (*Do It Yourself*), pois permite a expansão das funcionalidades do dispositivo através da conexão com outros componentes eletrônicos.

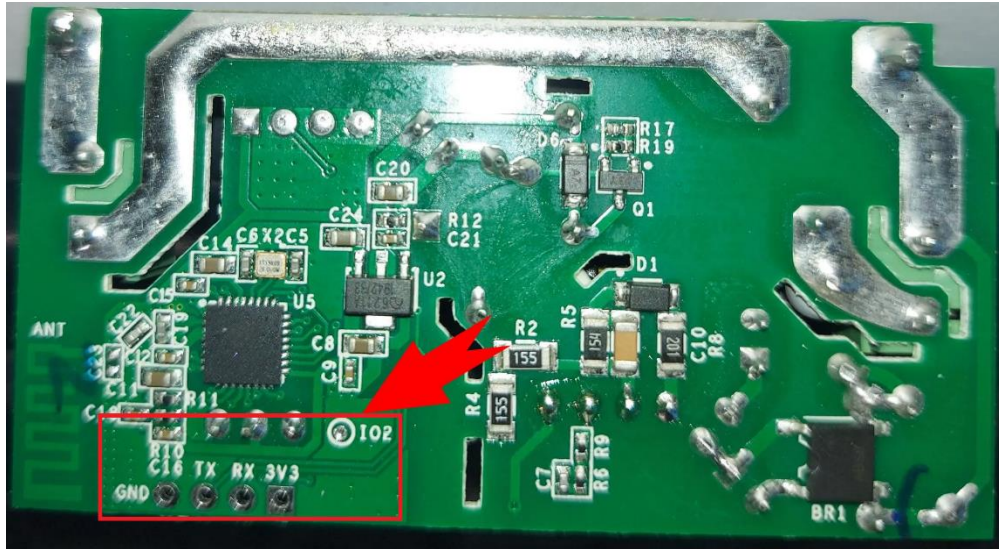


Figura 10 - Visão traseira do Sonoff Basic.
Fonte: Arquivo Local

Desta forma, idealizou-se uma aplicação para esse dispositivo acoplado a um sensor BME280 e um LED infravermelho, visando o controle ambiental de temperatura e umidade, bem como o acionamento inteligente de ar-condicionado.

O sensor BME280, de acordo com Bosch (2024), possui as seguintes características:

- **Faixa de Operação:** 300-1100 hPa e entre -40°C e 85°C
- **Interface:** I2C e SPI
- **Tensão de operação:** 3,3V
- **Corrente de consumo:** 3,6 μ A (umidade, pressão e temperatura), 0,1 μ A (modo repouso)

Já o led IR utilizado foi o TSAL6400, que possui as seguintes características, de acordo com Digikey (2024):

- **Tipo:** Infravermelho
- **Corrente de pico:** 100mA
- **Comprimento de onda:** 940nm
- **Ângulo de visão:** 50°

A instalação desses componentes no *Sonoff Basic* foi realizada de maneira simplificada, conectando-se as saídas do sensor BME280 às portas GPIO TX e IO2 do dispositivo e o led IR à porta RX. No total, foram utilizadas três portas GPIO. Essa instalação simples facilita a replicação para o uso em outros ambientes do bloco.

5.4 Tasmota

Em vista da utilização de dispositivos da marca *Sonoff*, o firmware original permitia apenas o controle pelo aplicativo *WeLink*, que se comunica com servidores remotos externos à instituição. Por questões de segurança e disponibilidade do dispositivo, optou-se por alterar o firmware para o *Tasmota*, um projeto de código aberto.

Tal firmware, mantido por uma comunidade ativa, surgiu em 25 de janeiro de 2016, quando o criador Theo Arends realizou um primeiro *commit* na plataforma *GitHub* para tornar o *Sonoff Basic* disponível para controle via MQTT e upload de firmware com OTA.

A nível de explicação, o MQTT é um protocolo de mensagens leve para pequenos sensores e dispositivos móveis, e o OTA permite a instalação de novas versões do firmware diretamente pelo ar, sem a necessidade de conexão física.

Segundo o site oficial:

O que começou como uma maneira simples de transformar um Sonoff Basic vinculado à nuvem (um dos primeiros dispositivos domésticos inteligentes baratos e acessíveis do mercado) em um dispositivo controlado localmente se tornou um ecossistema completo para praticamente qualquer dispositivo baseado em ESP8266. (TASMOTA, 2024, p. 1)

Assim, a mudança para o *Tasmota* proporciona maior flexibilidade e segurança, eliminando a dependência de servidores externos para o controle dos dispositivos e suportando uma ampla variedade de sensores e dispositivos para automação residencial *DIY*.

Atualmente, o firmware é disponibilizado para dispositivos com núcleo ESP8266, ESP32, ESP32-S ou ESP32-C3 e conta com vários recursos, como:

- Controle total localmente;
- Configuração simplificada via interface web;
- Atualizações contínuas via OTA;
- Integração com múltiplos sensores;
- Criação de automações sem o uso de aplicativos externos.

Assim, todos os dispositivos *Sonoff* utilizados neste projeto foram convertidos para o uso do firmware *Tasmota*. A instalação do firmware é realizada de forma bem simples e pode ser

feita seguindo a documentação oficial¹. Para a configuração específica de cada módulo utilizado, pode ser obtido o seu modelo² e aplicado nas configurações dele.

Após ser compilado o firmware *Tasmota* no dispositivo, realizou-se as configurações para ele acessar a rede Wi-Fi *m2m-ufms*, tendo assim cada dispositivo com um IP local atribuído.

Como exemplo, acessando via navegador *web*, é possível ver a tela inicial do dispositivo *Sonoff Pow R2* com o firmware *Tasmota* que gerencia o aparelho de ar-condicionado do Laboratório de Eficiência Energética – LabEFEC:

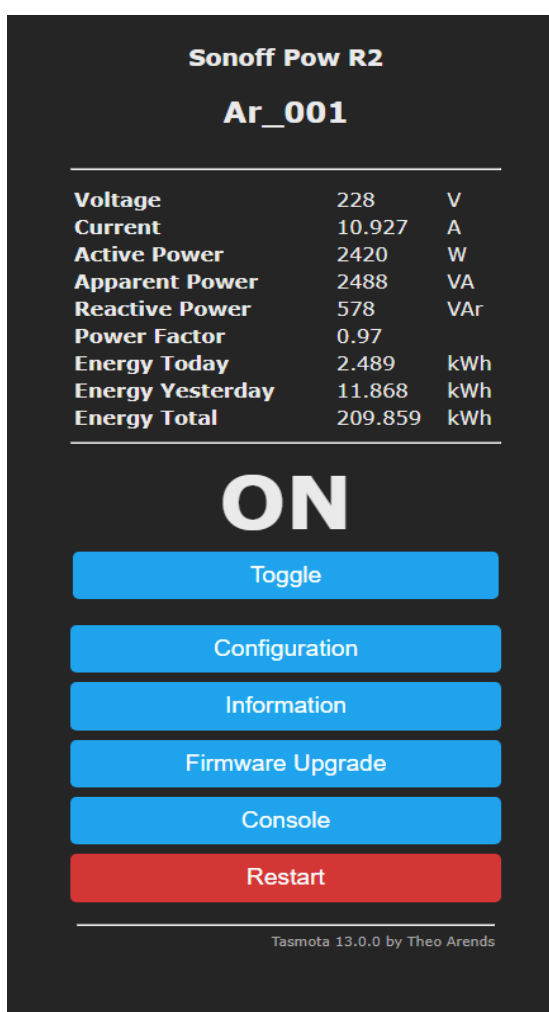


Figura 11 - Página inicial do dispositivo com *Tasmota*.
Fonte: Arquivo local.

¹ Documentação oficial: <https://tasmota.github.io/docs/Getting-Started/>

² Local para os modelos dos dispositivos: <https://templates.blakadder.com/>

5.5 *Home Assistant*

Como pode-se observar nos tópicos anteriores, cada dispositivo utilizado neste projeto adota um protocolo diferente de comunicação. O medidor de consumo geral opera via Modbus, dispositivos atualizados com *Tasmota* comunicam-se por MQTT, e o inversor solar possui seu próprio protocolo exclusivo. Assim, surge a pergunta: como unificar a coleta de dados para uma gestão centralizada dos recursos energéticos do Setor 1 - Bloco 11?

Neste contexto surge a plataforma *Home Assistant*, que além de gratuita e de código aberto, possui muitas outras características. Segundo Silva, temos que:

O Home Assistant é uma alternativa gratuita e open source utilizada para desenvolver sistemas de automação residencial descentralizados que controlam atuadores, interpretam dados coletados por sensores, implementam regras de automação e gerenciam a comunicação entre dispositivos (SILVA, 2019, p. 18)

Assim, o sistema possui diversas características e funcionalidades, a citar:

- Integração com dispositivos de mais de 1000 marcas, na rede local;
- Criação de automações avançadas como acender luzes automaticamente ao anoitecer, controle de acesso a uma sala;
- Possibilidade de adição de add-ons, oferecendo funcionalidades adicionais e a possibilidade de instalar outras aplicações úteis;
- Privacidade, com todos os dados processados localmente e sem armazenamento na nuvem;
- Grande comunidade ativa, com suporte contínuo e colaboração no *GitHub*.

O *Home Assistant* oferece diversas formas de instalação, adequadas a diferentes níveis de habilidade e preferências dos usuários. Para uma instalação rápida e sem complicações, o *Home Assistant Operating System* (anteriormente *HassOS*) é ideal, podendo ser instalado em uma variedade de dispositivos, desde um Raspberry Pi até um desktop convencional.

Neste projeto, optou-se pela instalação da versão Core do *Home Assistant* em uma distribuição Debian, configurada no servidor do laboratório LEDES-FACOM. Essa abordagem proporciona maior controle sobre a instalação e configuração do sistema. Além disso, o acesso externo foi habilitado através do endereço <https://smartufms.ledes.net/>, permitindo o gerenciamento remoto do *Home Assistant*.

Dentro do sistema do *Home Assistant*, cada dispositivo utilizado teve uma configuração diferente para conseguir ter os seus dados integrados. Assim, segue-se como cada configuração foi feita.

5.5.1 Dispositivo via Modbus

No *Home Assistant*(HASS), a integração do medidor Embrasul MD30 foi realizada configurando-se uma nova comunicação Modbus diretamente com este dispositivo. Para isso, adicionou-se um código de comunicação no arquivo *configuration.yaml* no diretório do HASS, seguindo-se a documentação oficial³. O código também está disponível no anexo A deste trabalho.

Dessa forma, foi possível obter os seguintes parâmetros de consumo geral do bloco 11, que foram registradas como novas entidades no *Home Assistant*:

Tabela 1 - Parâmetros obtidos do MD30

Parâmetro	Tipo	Unidade
Tensão	Fase A	V
	Fase B	
	Fase C	
Corrente	Fase A	A
	Fase B	
	Fase C	
Potência Ativa	Fase A	kW
	Fase B	
	Fase C	
	Total	
Potência Reativa	Fase A	var
	Fase B	
	Fase C	
	Total	
Fator de Potência	Fase A	-
	Fase B	
	Fase C	
	Total	
Frequência	Fase A	Hz

A seguir também temos um print de uma leitura do consumo realizada no Setor 1 - Bloco 11 dentro da plataforma do HASS:

³ <https://www.home-assistant.io/integrations/modbus/>

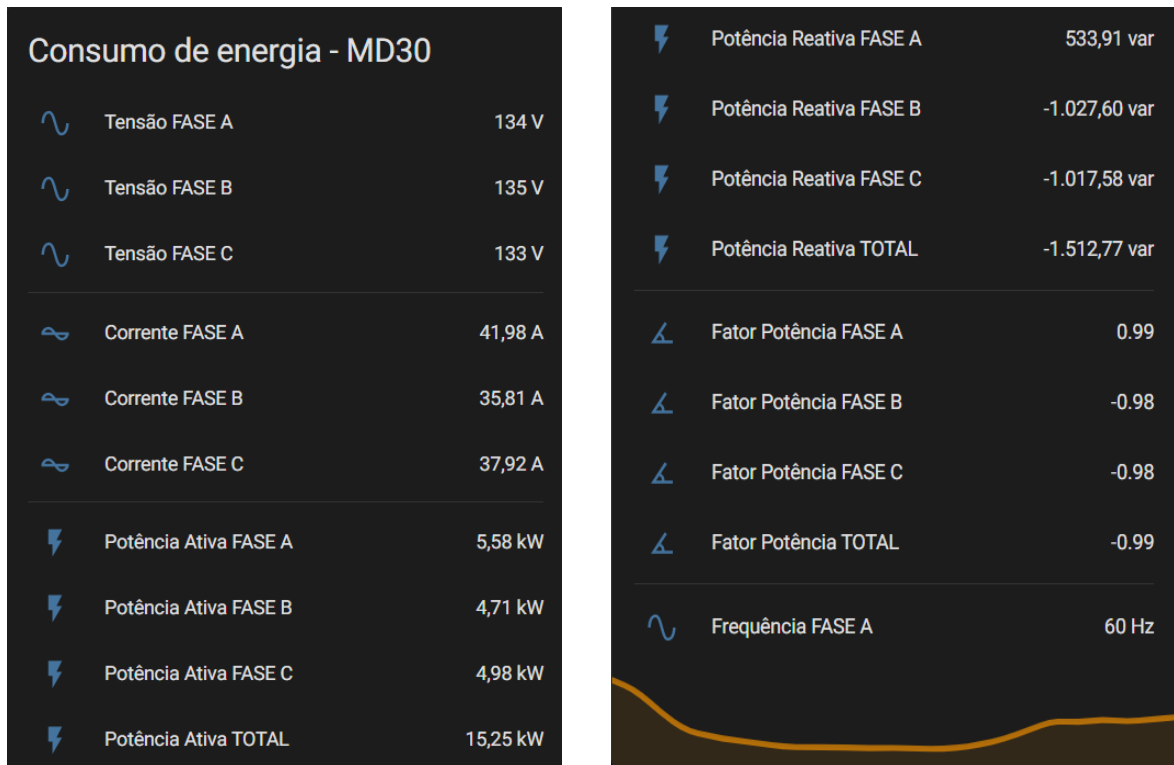


Figura 12 - Captura de uma medição do MD30 no *Home Assistant*.
Fonte: Arquivo local.

5.5.2 Geração Fotovoltaica

Já para a captura dos dados gerados pelo inversor solar da marca *GoodWe* instalado no Setor 1 - Bloco 11, utilizou-se de uma integração chamada *GoodWe Inverter*. Assim, a configuração se baseou em apenas informar o IP local do dispositivo.

Assim, conseguiu-se obter diversas informações do inversor. As principais são:

Tabela 2 - Parâmetros obtidos do inversor GoodWe

Parâmetro	Unidade
Potência Instantânea	kW
Geração no dia	kWh
Geração Total	kWh
Tensão de Barramento DC	V
Status de operação	-
Temperatura do inversor	°C

5.5.3 Dispositivos *Tasmota*

Para a integração de dispositivos *Tasmota*, bastou-se apenas configurar no dispositivo o endereço do servidor MQTT configurado e o *Home Assistant* já se encarregou de realizar a comunicação para ter acesso aos dados disponibilizados pelo dispositivo, bem como pode realizar o controle de ligamento e desligamento deles.

A seguir, temos os dados obtidos por cada dispositivo com *Tasmota* utilizado:

- ***Sonoff POW R2***

Tabela 3 - Parâmetros obtidos do *Sonoff POW R2*

Parâmetro	Unidade
Tensão	V
Corrente	A
Potência Ativa	W
Potência Aparente	VA
Potência Reativa	var
Fator de Potência	-
Consumo no dia	kWh
Consumo no dia anterior	kWh
Consumo total	kWh

- ***Sonoff T0US3C e Sonoff Mini***

Possui apenas os controles para acionamento da iluminação.

- ***Sonoff Basic com sensor BME280 e LED IR***

Tabela 4 - Parâmetros obtidos do *Sonoff Basic*

Parâmetro	Unidade
Temperatura	°C
Umidade	%
Pressão Atmosférica	hPa

Ponto de Condensação da Água	°C
-------------------------------------	----

Neste dispositivo também é possível controlar o relé que já vinha com o *Sonoff Basic*, possibilitando outra aplicação. O envio de informações para o controle do ar-condicionado, projetor é feito com o envio de uma mensagem MQTT, conforme documentação⁴.

⁴ <https://tasmota.github.io/docs/Tasmota-IR/>

6 ESTUDO DE CASO

O estudo de caso está sendo realizado na Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS). A instituição está presente em 10 municípios no Estado de Mato Grosso do Sul. Os 10 Campus representam uma área de 2.034.171 m².

A sua sede, a Cidade Universitária, fica localizada em Campo Grande – MS. Ela conta com 16.725 alunos de graduação, 11.228 de pós-graduação, além de 966 docentes e 1.538 técnicos administrativos.

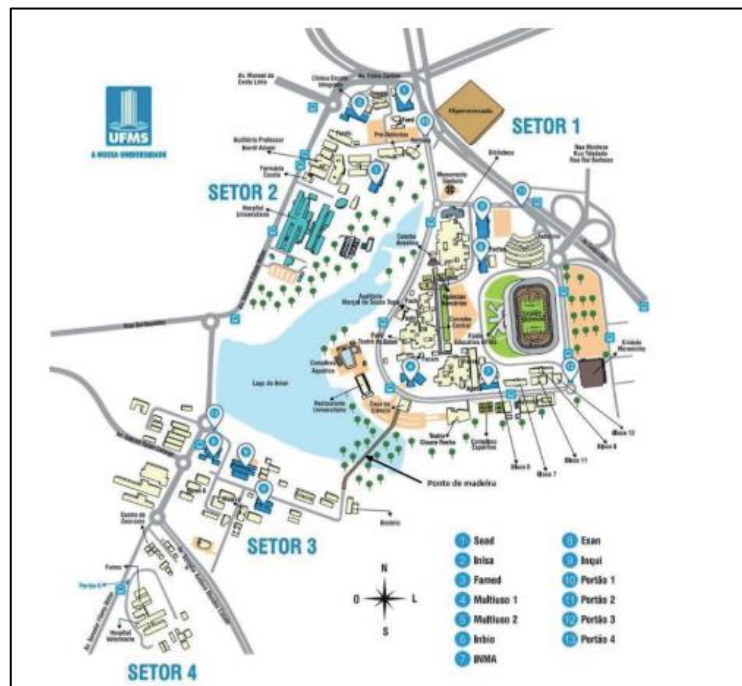


Figura 13 - Mapa da Cidade Universitária – UFMS
Fonte: Arquivo Local.

O *campus* é atualmente dividido em 4 setores. O foco do trabalho se dá no setor 1 – Bloco 11, que fica próximo do Estádio Morenã. Nesse bloco ficam localizadas alguns laboratórios e salas de professores da Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Urbanismo e Geografia – FAENG. O laboratório em este trabalho foi desenvolvido fica neste mesmo prédio, o Laboratório de Eficiência Energética - LabEFEC.



Figura 14 - Imagem externa do Setor 1 - Bloco 11
Fonte: <https://link.ufms.br/jdbdr>

7 RESULTADOS E DISCUSSÃO

7.1 Disposição dos dados no *Home Assistant*

A integração de dispositivos no *Home Assistant* (HASS) resultou em uma volumosa coleta de dados, essencial para decifrar o panorama do consumo energético na instituição. Para tanto, foi essencial a elaboração de estratégias para a organização e interpretação desses dados através do recurso de Dashboards integrado ao HASS.

Neste contexto, decidiu-se realizar a organização da seguinte forma: contar com uma dashboard geral inicial para fornecer uma visão panorâmica do sistema ao acessá-lo; em uma aba lateral, colocar dashboards específicas para cada bloco da instituição, apresentando um resumo dos níveis de consumo, geração solar e um acesso direto para as salas que a compõem; e uma dashboard dedicada a cada sala, consolidando as informações dos dispositivos *IoT* pertinentes a ela.

Assim, como o projeto piloto se dá no Setor - Bloco 11 da UFMS, segue abaixo a sua dashboard final concebida no sistema:

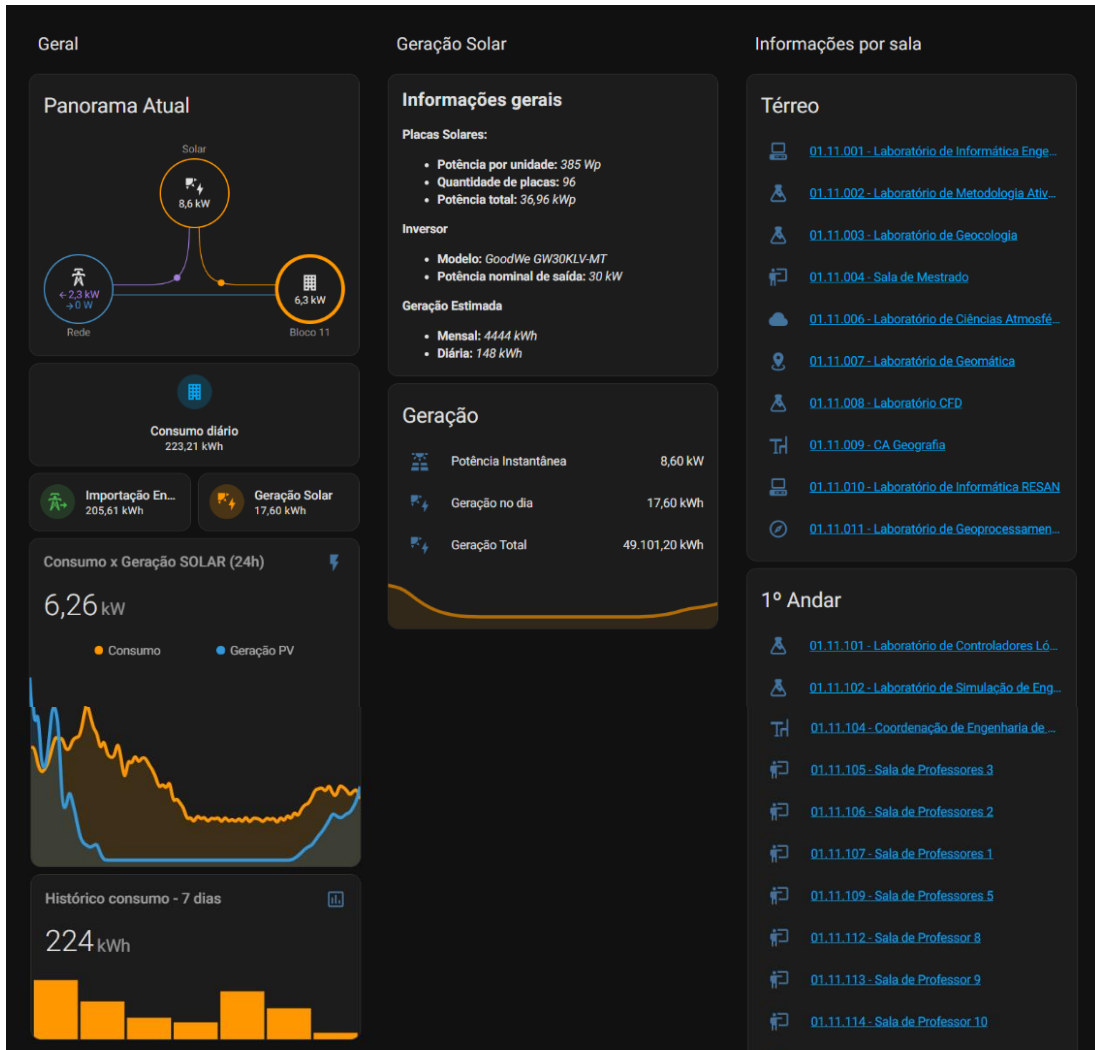


Figura 15 - Dashboard do Setor 1 - Bloco 11.

Fonte: Arquivo Local.

Assim, como pode-se observar, a dashboard está organizada em três colunas, sendo: 1) dados gerais sobre consumo do bloco; 2) informações sobre a geração solar; 3) um painel dedicado ao acesso de cada sala do bloco.

Na primeira coluna, apresentam-se os seguintes itens: 1) o panorama atual de como está sendo providenciada a energia que alimenta o bloco (se é da geração solar ou da distribuidora); 2) um panorama diário do consumo com a indicação de quanto de cada fonte energética foi utilizada; 3) um gráfico comparando o consumo das últimas 24 horas (em laranja) com a geração solar no mesmo período (em azul); e 4) um histórico de consumo dos últimos 7 dias no bloco.

Na coluna do meio, pode-se notar um detalhamento da usina fotovoltaica instalada no prédio e um resumo da geração atual. Já na última coluna, temos um acesso rápido a cada sala pertencente a esse bloco para podermos realizar uma análise individualizada. Por exemplo, ao

clicar na sala *01.11.119 - Laboratório de Eficiência Energética (Labefec)*, obteremos a seguinte dashboard:

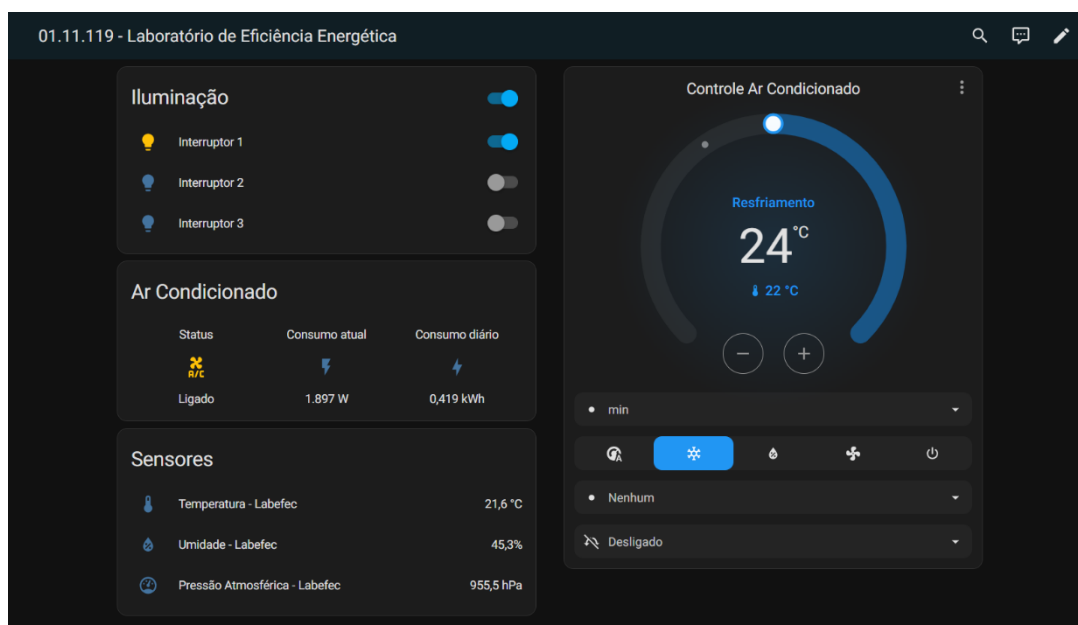


Figura 16 - Dashboard do Labefec.
Fonte: Arquivo local.

Nesta sala específica, estão instalados dispositivos essenciais para o controle e monitoramento do consumo energético. Um *Sonoff TOUS3C* é responsável pelo controle da iluminação, enquanto um *Sonoff POWR2* monitora o consumo do ar-condicionado. Além disso, há um *Sonoff Basic* equipado com o sensor BME280 e LED IR.

A dashboard reflete todos esses dispositivos na coluna esquerda, proporcionando um controle intuitivo sobre eles. Na coluna da direita, há um objeto do tipo *Climate*, utilizado para simular o controle remoto do ar-condicionado e permitir o seu acionamento.

Conclui-se então que essa forma de disposição dos dados no HASS facilita o gerenciamento do consumo energético da instituição, oferecendo tanto um macrogerenciamento como um microgerenciamento.

No macrogerenciamento temos que ela permite aos gestores monitorar e comparar o desempenho energético entre os diversos blocos da instituição. Isso facilita a identificação de padrões de consumo e a implementação de estratégias de otimização energética em uma escala maior. Já o microgerenciamento permite um olhar minucioso sobre o consumo em cada sala. As dashboards individuais por sala fornecem dados específicos dos dispositivos IoT,

possibilitando intervenções precisas e personalizadas para reduzir o consumo desnecessário e promover a eficiência energética no nível mais granular.

Essa dualidade de gerenciamento garante que, enquanto o macro gerenciamento busca a eficiência em uma escala institucional, o micro gerenciamento foca na otimização localizada, resultando em uma abordagem completa que não apenas economiza energia, mas também alinha a instituição com práticas sustentáveis e responsáveis. A integração dessas duas perspectivas é fundamental para alcançar a excelência no gerenciamento energético.

7.2 Experiência com o uso do HASS

Após um período extenso de utilização do *Home Assistant* (HASS), acumulamos experiência suficiente para fazer algumas considerações específicas sobre sua aplicação em uma instituição de ensino.

Um dos aspectos mais positivos que identificamos é a garantia de maior privacidade dos dados, uma vez que a instalação é totalmente local. Esta característica não apenas assegura a confidencialidade das informações, mas também elimina a necessidade de acesso à internet para a captura dos dados, reduzindo, portanto, o tráfego de rede externo.

Outro ponto forte do HASS é sua natureza *open-source*, que não apenas permite personalizações para atender demandas específicas, mas também incentiva a comunidade de desenvolvedores a contribuir com *add-ons* inovadores, enriquecendo o ecossistema do software.

Um exemplo disso é a integração *Tasmota-IRHVAC*⁵, que merece destaque. Em sua forma original, para enviar requisições via LED infravermelho integrado ao *Sonoff Basic* era necessário enviar o seguinte comando via MQTT:

⁵ <https://github.com/hristo-atanasov/Tasmota-IRHVAC>

```
{
  "Vendor": "GREE",
  "Model": -1,
  "Command": "Control",
  "Mode": "Cool",
  "Power": "On",
  "Celsius": "On",
  "Temp": 24,
  "FanSpeed": "Min",
  "SwingV": "Off",
  "SwingH": "Off",
  "Quiet": "Off",
  "Turbo": "Off",
  "Econo": "Off",
  "Light": "On",
  "Filter": "Off",
  "Clean": "Off",
  "Beep": "Off",
  "Sleep": -1,
  "iFeel": "Off"
}
```

Figura 17 – Comando para controle do ar-condicionado.
Fonte: Arquivo local.

Nesse exemplo acima, o ar estaria configurado para o modo de resfriamento a uma temperatura de 24 °C e uma velocidade mínima da ventilação. Cada alteração de parâmetro resultava em uma mudança na forma de funcionamento do ar-condicionado. Como evidenciado, isso não é muito convidativo para usuários que não são da área de Tecnologia da Informação ou áreas afins.

Dessa forma, pesquisando na internet, encontramos a integração *Tasmota-IRHVAC*, que possibilitava a simulação de um controle remoto em uma dashboard através de uma entidade do tipo *Climate*. O código dessa integração está disponível no Anexo B.

Com apenas algumas linhas de código YAML, conseguimos criar uma entidade capaz de enviar os mesmos comandos MQTT de forma mais intuitiva. A interface do controle pode ser visualizada a seguir:

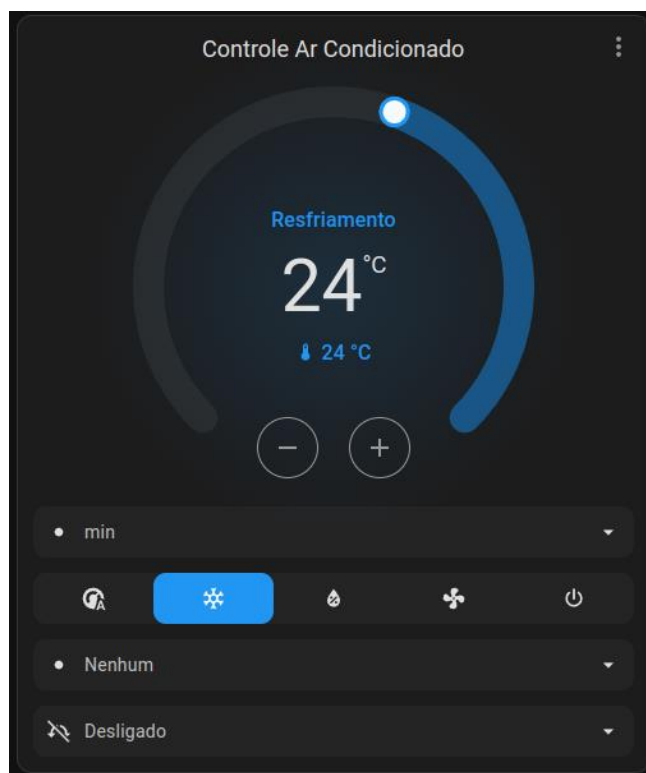


Figura 18 - Controle Ar-Condicionado.
Fonte: Arquivo local.

Assim como a anterior, o HASS conta com uma infinidade de outras integrações que garantem uma experiência completa e personalizada para os usuários. Com isso, a diversidade de integrações disponíveis contribui significativamente para a versatilidade e utilidade do *Home Assistant* em uma ampla gama de cenários e aplicações.

Outra vantagem notável é a facilidade de encontrar suporte para suas integrações. Durante nossa jornada de uso do sistema, muitos dos desafios que enfrentamos foram resolvidos por meio de pesquisas em fóruns dedicados à plataforma. Um exemplo marcante foi quando nos deparamos com um problema relacionado à potência instantânea do inversor, que começava a exibir valores negativos após atingir um ponto específico, devido a um *overflow* na variável que armazenava esse valor.

Ao investigarmos o código da integração com o inversor da *GoodWe* no *GitHub*, constatamos que outras pessoas também estavam enfrentando o mesmo problema. Após reportarmos esse erro aos desenvolvedores, eles prontamente corrigiram o código e disponibilizaram a atualização uma semana depois, solucionando o problema de maneira eficaz. Este episódio ilustra como a comunidade engajada e colaborativa em torno do *Home Assistant* contribui para a rápida resolução de problemas e para a contínua melhoria do sistema.

7.3 Experiência com o uso de dispositivos com *Tasmota*

Em nossos testes, constatamos que o *Tasmota* se apresenta como uma sólida alternativa ao firmware original fornecido com o *Sonoff*. Sua principal vantagem reside na capacidade de fornecer acesso direto e local aos dispositivos, eliminando a necessidade de conexão com a internet. Isso resulta em uma conexão mais estável e uma maior proteção da privacidade dos dados coletados pelo dispositivo.

Entretanto, ao implantar múltiplos dispositivos do mesmo modelo e para a mesma finalidade, tornou-se evidente a necessidade de uma aplicação que simplificasse a configuração inicial desses dispositivos. Para abordar esse desafio, optamos por desenvolver um firmware personalizado, adaptado às exigências específicas da instituição. Esse firmware customizado⁶ permitiu a definição de várias variáveis, como configurações de conexão Wi-Fi, acesso MQTT, entre outras, simplificando consideravelmente o processo de configuração inicial dos dispositivos.

Ao implementar a modificação no *Sonoff Basic* para incorporar o sensor BME280, observamos que isso se mostrou como uma alternativa altamente viável. Tanto a sua construção simples quanto a sua confiabilidade nas medições foram aspectos notáveis durante o período de uso.

A seguir, apresentamos uma medição realizada pelo sensor, comparando-a com a leitura de um termômetro físico no mesmo horário, a fim de demonstrar a precisão e confiabilidade dos dados fornecidos pelo sensor.

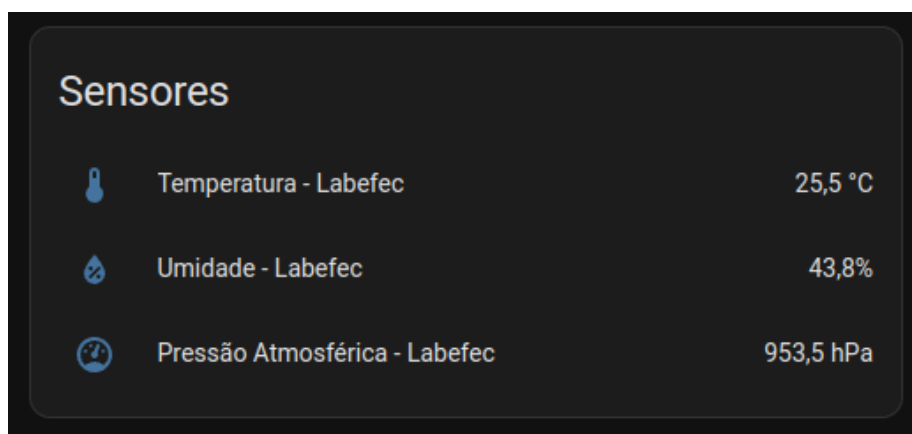


Figura 19 – Captura de uma medição realizada pelo BME280.

⁶ Repositório: <https://github.com/daliangowert/SmartUFMS>

Fonte: Arquivo local.

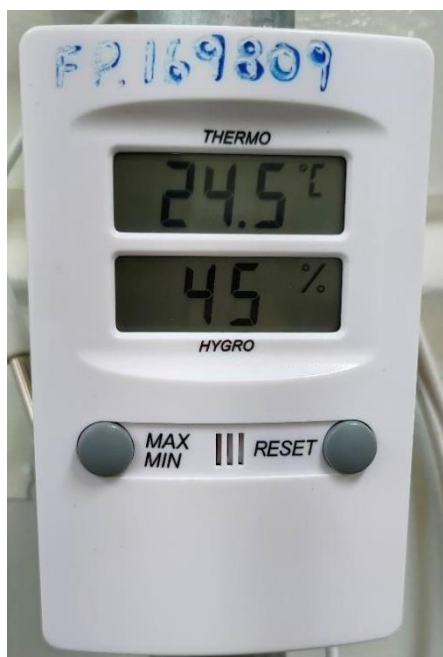


Figura 20 – Medição realizada por um termômetro.
Fonte: Arquivo local.

Como pode ser observado, a temperatura apresentou uma variação de 1,1 °C e a umidade 1,2%, o que pode ser considerado uma aproximação satisfatória para o contexto em que está sendo aplicado.

7.4 Implementação de automações no HASS

Neste tópico entramos em um novo nível de controle energético, no qual as automações, que são o controle dos dispositivos pela própria máquina, sem interferência humana, garantem um controle mais preciso do consumo. No entanto, a implementação de automações deve seguir alguns critérios importantes, conforme apontado por Silva (2019):

- **Melhorar a interação com o objeto automatizado:** A automação deve tornar a utilização mais intuitiva e eficiente.
- **Poupar o tempo do utilizador desses objetos:** A automação deve liberar o tempo do usuário, executando tarefas de forma automática.
- **Possibilitar a execução de tarefas que não eram possíveis de serem realizadas antes da automação:** A automação deve expandir as capacidades do usuário, permitindo novas funcionalidades.

Além disso, é crucial considerar o impacto potencial de falhas na automação. Assim:

A cada automação é preciso sempre pensar: qual será o impacto se não funcionar? A automação residencial é composta por muitos sistemas diferentes de muitos fornecedores diferentes que falam muitos protocolos diferentes: as coisas vão dar errado. Cabe a você garantir que eles tenham um impacto limitado quando falharem. (SCHOUTSEN, 2016, p. 1)

Portanto, ao implementar automações, é essencial planejar estratégias de contingência para minimizar os efeitos adversos de eventuais falhas. Além disso, é primordial facilitar o uso dos dispositivos automatizados e reduzir o tempo despendido pelo usuário.

Com essas considerações, foram pensadas algumas automações para os dispositivos instalados. Uma primeira automação visa enviar notificações quando algum dispositivo ficar indisponível. Integrando com o Gmail, é possível enviar notificações via e-mail aos responsáveis para averiguar o ocorrido. A seguir, um fluxograma dessa automação:

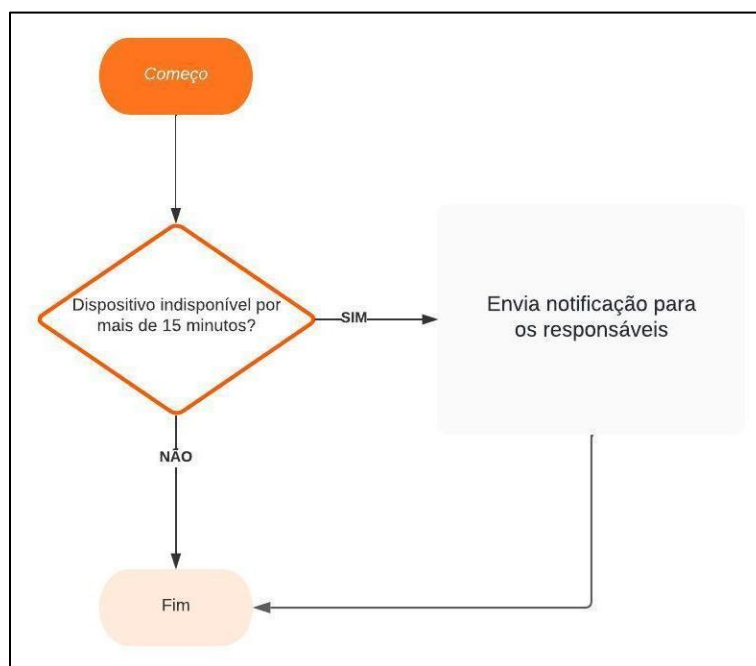


Figura 21 - Fluxograma para dispositivo indisponível.
Fonte: Arquivo local.

Essa automação é crucial para garantir que, caso os dispositivos percam a comunicação com o *Home Assistant* (HASS) devido a falta de energia elétrica ou problemas na rede, o administrador responsável seja imediatamente notificado e possa resolver o problema o mais rapidamente possível. Além disso, essa automação pode servir como um alerta para indicar que o bloco está sofrendo uma interrupção na rede elétrica.

Outra automação relevante, ao considerar a otimização do consumo de energia, consistiu em vincular o controle de ligar/desligar do ar-condicionado ao acionamento da tecla de

iluminação do *Sonoff T0US3C* ou *Sonoff Mini*. Com isso, eliminou-se a necessidade de se ter o controle físico do ar-condicionado para ligá-lo, além de assegurar que o aparelho seria desligado quando não houvesse ninguém na sala. Abaixo está o fluxograma que foi implementado:

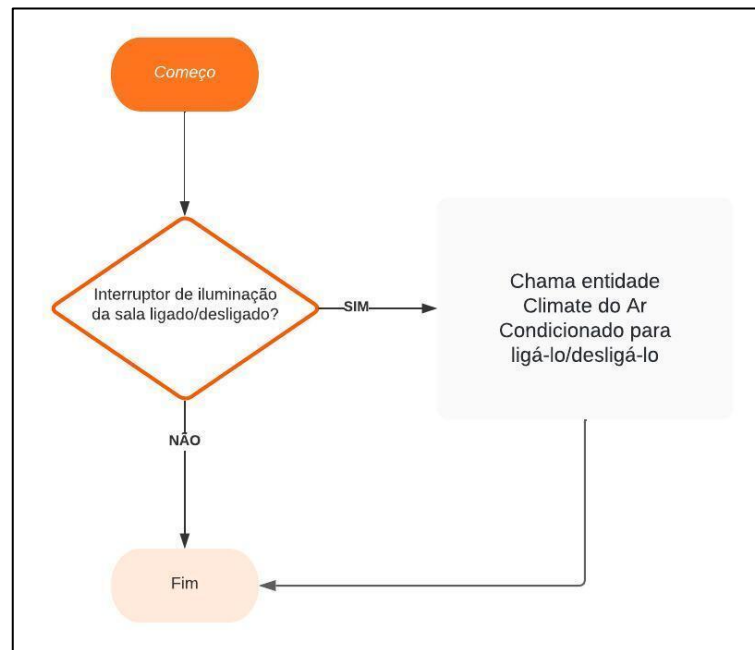


Figura 22 - Fluxograma para acionamento de ar-condicionado.
Fonte: Arquivo local.

Por último, pensou-se em, a partir dos valores de temperatura registrados pelo *Sonoff* com BME280, realizar o controle do ar-condicionado, evitando de acioná-lo em dias muito frios. Segue também o fluxograma da implementação:

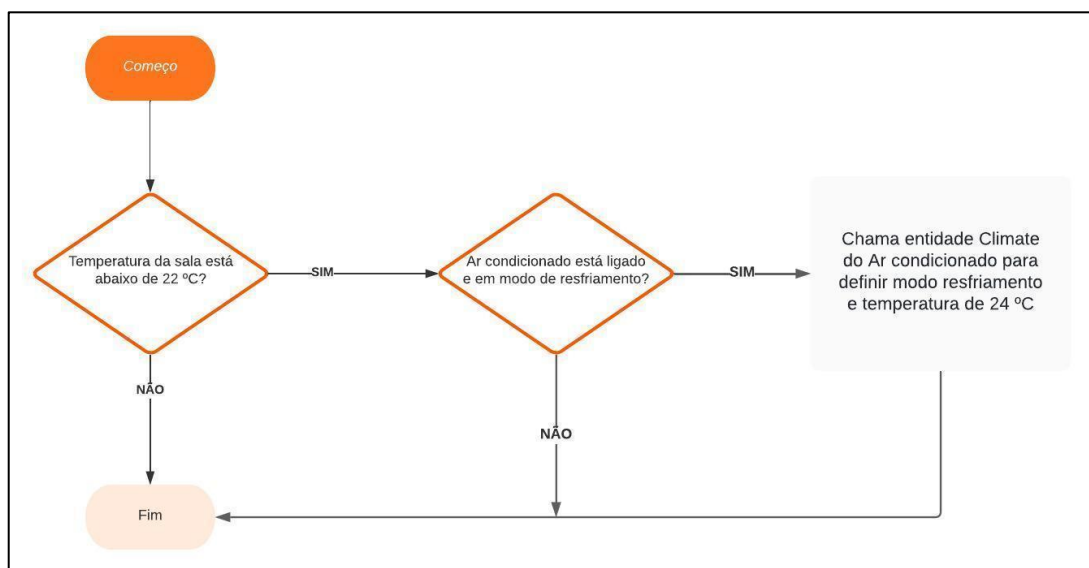


Figura 23 - Fluxograma para controle de temperatura do ambiente.

Fonte: Arquivo local.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pode-se concluir que este trabalho demonstrou a viabilidade e eficácia de uso do *Home Assistant* como uma plataforma para gerenciamento do consumo de energia elétrica da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS. Os resultados obtidos na aplicação no Setor 1 – Bloco 11 foram bastante satisfatórios e permitiram criar um modelo que pode ser aplicado a outros blocos da instituição.

Como destaque, cita-se a criação de um modelo de *dashboard* para visualização dos dados, que permitiu o agrupamento das informações mais relevantes. Essa *dashboard* possibilitou a criação de comandos únicos para cada sala, viabilizando tanto o macro quanto o microgerenciamento energético. Com isso, foram possíveis intervenções precisas e a implementação de estratégias de otimização, aprimorando significativamente a eficiência do uso de energia.

Além disso, o uso do firmware *Tasmota* para os dispositivos *IoT* permitiu a coleta local dos dados gerados por estes dispositivos, garantindo maior privacidade e estabilidade. O firmware também facilitou a implementação de personalizações aos dispositivos, como a modificação do *Sonoff Basic* para integrar um LED IR e um sensor de temperatura BME280, permitindo o controle de aparelhos HVAC.

A implementação de automações no HASS representou um avanço no controle energético, permitindo a execução de tarefas sem intervenção humana e aumentando a eficiência do sistema. No entanto, é crucial considerar os impactos potenciais de falhas na automação e planejar estratégias de contingência para minimizar esses efeitos.

Como trabalhos futuros, pode-se citar a instalação e adaptação de outros sensores ao sistema, como sensores de temperatura ambiente e controle de vazamento de gás em copas e cozinhas instaladas na instituição. Também seria interessante avaliar o uso de outras tecnologias de transmissão de dados como *Zigbee* e *LoRa* para essas aplicações. Além disso, seria interessante implementar a gestão do consumo de água da instituição com a instalação de medidores inteligentes, permitindo prevenir desperdícios nesse sentido também.

Estas iniciativas não só contribuem para a sustentabilidade ambiental e econômica, mas também promovem inovação e eficiência em todos os aspectos operacionais, preparando as universidades para enfrentar os desafios futuros de maneira responsável e sustentável.

Todas as implementações realizadas neste trabalho podem ser encontradas no seguinte local: <https://github.com/daliangowert/SmartUFMS>.

9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACCARDI, Adonis; DODONOV, Eugeni. **Automação Residencial: Elementos Básicos, Arquiteturas, Setores, Aplicações e Protocolos.** Disponível em: <http://paginapessoal.utfpr.edu.br/vilmair/automacao-residencial/artigos/ARTIGO02.pdf/at_download/file>. Acesso em: 10 de junho de 2024.
- AHMED I, Ahmad A; PICCIALI F, Sangaiah A K, Jeon G. **A Robust Features-Based Person Tracker for Overhead Views in Industrial Environment.** IEEE Internet of Things Journal, June 2018, 5 (3): 1598-1605.
- BANDEIRA, Lucilene; BANDEIRA, Bruno; CASIMIRO, Adelaide. **Smart Campus no Brasil: um estudo exploratório.** Disponível em: <<https://ifbae.s3.eu-west-3.amazonaws.com/file/congres/smart-campus-no-brasil-bandeira-et-al-640711e03213c507448668.pdf>>. Acesso em: 17 de maio de 2024.
- BEN. **Balanco energético nacional.** Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-160/topico-168/Fact%20Sheet%20-%20Anu%C3%A1rio%20Estat%C3%ADstico%20de%20Energia%20El%C3%A9trica%2022.pdf>>. Acesso em: 20 de junho de 2024.
- BOLZANI, Caio Augustus Morais. **Residências Inteligentes.** [S.l.]: Livraria da Física, 2004.
- BOSCH. **Humidity sensor BME280.** Disponível em: <<https://www.bosch-sensortec.com/products/environmental-sensors/humidity-sensors-bme280/>>. Acesso em: 14 de maio de 2024.
- CASTRO, Nivalde de; *et al.* **Brasil: Oportunidades no cenário de transição-crise energética internacional.** Disponível em: <https://gesel.ie.ufrj.br/wp-content/uploads/2022/09/Castro_2022_09_26.pdf>. Acesso em: 07 de julho de 2024.
- DIGIKEY. **TSAL6400.** Disponível em: <<https://www.digikey.com.br/pt/products/detail/vishay-semiconductor-opto-division/TSAL6400/1681340>>. Acesso em: 14 de maio de 2024.
- DREXEL UNIVESITY. **Smart grid technology.** Disponível em: <<http://drexel.edu/green/projects/Smart%20Grid%20Technology/>>. Acesso em: 06 de junho de 2024.
- EPRI. **A case study on Drexel smart campus project.** Maio, 2014.
- FACENS. **Energia.** Disponível em: <<https://smartcampus.facens.br/energia-3/>>. Acesso em: 07 de junho de 2024.

FILIPPO FILHO, Guilherme. **Gestão da energia**: fundamentos e aplicações. São Paulo: Érica, 2018. 264 p.

INMETRO. **Condicionadores de Ar**. Disponível em: <https://www.gov.br/inmetro/pt-br/assuntos/avaliacao-da-conformidade/programa-brasileiro-de-etiquetagem/tabelas-de-eficiencia-energetica/condicionadores-de-ar/tabela_inmetro_cee.pdf/@@download/file>.

Acesso em: 14 de maio de 2024.

MATOS, Marley de Lima. **Relatório técnico de proposta de reestruturação da infraestrutura da Universidade de Brasília baseada no conceito de *smart campus***.

Disponível em:

<http://icts.unb.br/jspui/bitstream/10482/41812/1/2021_MarleydeLimaMatos.pdf>. Acesso

em: 07 de junho de 2024.

MESQUITA, Leonardo. *et al.* **Estratégias e ações para disseminar a educação para eficiência energética**. Disponível em:

<[https://www.feg.unesp.br/Home/Pesquisa23/inovee/convenioecv291-](https://www.feg.unesp.br/Home/Pesquisa23/inovee/convenioecv291-2009/trabalhoii/pesquisa_3.pdf)

2009/trabalhoii/pesquisa_3.pdf>. Acesso em: 06 de junho de 2024.

MME. **Aneel altera regras para estimular geração distribuída em universidades**.

Disponível em: <<https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/aneel-altera-regras-para-estimular-geracao-distribuida-em-universidades>>. Acesso em: 06 de junho de 2024.

PAIXÃO, Maria Fabiana Baldoino da. **Sistema de gestão de energia em universidades federais brasileiras**: um estudo de caso na escola politécnica da Universidade Federal da Bahia. Disponível em: <<https://repositorio.ufba.br/handle/ri/33303>>. Acesso em: 06 de junho de 2024.

SILVA, Dayvison Domingos da; SOUZA, Marcelo Fernandes de.; ALENCAR Jr.; Humberto Barros de. **Automação Residencial com Arduíno: Utilizando Bluetooth e Arduíno**.

Disponível em: <<https://bibliotecavirtual.iesp.edu.br/UNIESP/catalog/download/8/4/21-1?inline=1>>. Acesso em: 06 de junho de 2024.

SILVA, Leonardo José Nascimento. **Utilizando o Home Assistant e o NodeMCU para um modelo genérico de automação moderna**. Disponível em:

<https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/12305/2/Leonardo_Jose_Nascimento_Silva.pdf>. Acesso em: 02 de abril de 2024.

SCHOUTSEN, Paulus. **Perfect Home Automation**. Disponível em: <<https://www.home-assistant.io/blog/2016/01/19/perfect-home-automation/>>. Acesso em: 17 de maio de 2024.

SONOFF. **Sonoff Pow R2**. Disponível em: <<https://www.sonoffbrasil.com.br/pt-BR/post/sonoff-powr2>>. Acesso em: 01 de abril de 2024.

TASMOTA. **Sobre o Tasmota**. Disponível em: <<https://tasmota.github.io/docs/About/>>. Acesso em: 06 de abril de 2024.

UFMS. **Relatório de Monitoramento e Avaliação**. Disponível em: <https://dides.ufms.br/files/2024/05/Relatorio_de_Monitoramento_e_Avaliacao_PLS_UFMS_2023.pdf>. Acesso em: 20 de junho de 2024.

VIANA, Augusto Nelson Carvalho. **Eficiência energética**: fundamentos e aplicações.

Disponível em:

<https://www.voltimum.com.br/sites/www.voltimum.com.br/files/pdflibrary/01_livro_eficiencia_energetica.pdf>. Acesso em: 08 de junho de 2024.

ANEXO A – CÓDIGO YAML DE CONFIGURAÇÃO DE DISPOSITIVO

MODBUS NO HASS

```
name: MD30-Bloco11
type: tcp
host: 172.25.8.5
port: 1001
sensors:
  - name: Frequência FASE A
    unique_id: Bloco11-FreqA
    address: 67
    slave: 1
    precision: 0
    data_type: float32
    unit_of_measurement: Hz
    device_class: frequency
  - name: Tensão FASE A
    unique_id: Bloco11-TensaoA
    address: 69
    slave: 1
    precision: 0
    data_type: float32
    unit_of_measurement: V
    device_class: voltage
  - name: Tensão FASE B
    unique_id: Bloco11-TensaoB
    address: 71
    slave: 1
    precision: 0
    data_type: float32
    unit_of_measurement: V
    device_class: voltage
  - name: Tensão FASE C
    unique_id: Bloco11-TensaoC
    address: 73
    slave: 1
    precision: 0
    data_type: float32
    unit_of_measurement: V
    device_class: voltage
  - name: Corrente FASE A
    unique_id: Bloco11-CorrenteA
    address: 75
    slave: 1
    data_type: float32
    precision: 2
    unit_of_measurement: A
    device_class: current
  - name: Corrente FASE B
```

unique_id: Bloco11-CorrenteB
address: 77
slave: 1
data_type: float32
precision: 2
unit_of_measurement: A
device_class: current
- name: Corrente FASE C
unique_id: Bloco11-CorrenteC
address: 79
slave: 1
data_type: float32
precision: 2
unit_of_measurement: A
device_class: current
- name: Potência Ativa FASE A
unique_id: Bloco11-PotAtivaA
address: 81
slave: 1
precision: 2
data_type: float32
unit_of_measurement: W
device_class: power
- name: Potência Ativa FASE B
unique_id: Bloco11-PotAtivaB
address: 83
slave: 1
precision: 2
data_type: float32
unit_of_measurement: W
device_class: power
- name: Potência Ativa FASE C
unique_id: Bloco11-PotAtivaC
address: 85
slave: 1
precision: 2
data_type: float32
unit_of_measurement: W
device_class: power
- name: Potência Ativa TOTAL
unique_id: Bloco11-PotAtivaTotal
address: 87
slave: 1
precision: 2
data_type: float32
unit_of_measurement: W
device_class: power
- name: Potência Reativa FASE A
unique_id: Bloco11-PotReativaA
address: 89

slave: 1
precision: 2
data_type: float32
unit_of_measurement: var
device_class: reactive_power
- name: Potência Reativa FASE B
unique_id: Bloco11-PotReativaB
address: 91
slave: 1
precision: 2
data_type: float32
unit_of_measurement: var
device_class: reactive_power
- name: Potência Reativa FASE C
unique_id: Bloco11-PotReativaC
address: 93
slave: 1
precision: 2
data_type: float32
unit_of_measurement: var
device_class: reactive_power
- name: Potência Reativa TOTAL
unique_id: Bloco11-PotReativaTotal
address: 95
slave: 1
precision: 2
data_type: float32
unit_of_measurement: var
device_class: reactive_power
- name: Fator Potência FASE A
unique_id: Bloco11-FatPotA
address: 105
slave: 1
data_type: float32
precision: 2
device_class: power_factor
- name: Fator Potência FASE B
unique_id: Bloco11-FatPotB
address: 107
slave: 1
data_type: float32
precision: 2
device_class: power_factor
- name: Fator Potência FASE C
unique_id: Bloco11-FatPotC
address: 109
slave: 1
data_type: float32
precision: 2
device_class: power_factor

- name: Fator Potência TOTAL
unique_id: Bloco11-FatPotTotal
address: 111
slave: 1
data_type: float32
precision: 2
device_class: power_factor

ANEXO B – CÓDIGO DE CONFIGURAÇÃO DO CONTROLE PARA AR-CONDICIONADO

climate:

```

- platform: tasmota_irhvac
  name: "Ar GREE"
  unique_id: Ar_GREE
  command_topic: "cmd/IRTemp_001/irhvac"
  state_topic: "stat/IRTemp_001/RESULT"
  temperature_sensor: sensor.tasmota_bme280_temperature
  humidity_sensor: sensor.tasmota_bme280_humidity #optional - default None
  power_sensor: sensor.ar_001_energy_power #optional - default None
  vendor: "GREE"
  mqtt_delay: 0.0 #optional - default 0 int or 0.0 float value in [sec].
  min_temp: 16 #optional - default 16 int value
  max_temp: 30 #optional - default 32 int value
  target_temp: 26 #optional - default 26 int value
  initial_operation_mode: "off" # optional - default "off" string value (one of the
"supported_modes")
  away_temp: 24 #optional - default 24 int value
  precision: 1 #optional - default 1 int or float value. Can be set to 1, 0.5 or 0.1
  supported_modes:
    - "cool"
    - "dry"
    - "fan_only"
    - "auto"
    - "off"
  supported_fan_speeds:
    - "min"
    - "medium"
    - "max"
    - "auto"
  supported_swing_list:
    - "off"
    - "vertical" #up to down
  default_quiet_mode: "Off" #optional - default "Off" string value
  default_turbo_mode: "Off" #optional - default "Off" string value
  default_econo_mode: "Off" #optional - default "Off" string value
  hvac_model: "-1" #optional - default "1" string value
  celsius_mode: "On" #optional - default "On" string value
  default_light_mode: "On" #optional - default "Off" string value
  default_filter_mode: "Off" #optional - default "Off" string value
  default_clean_mode: "Off" #optional - default "Off" string value
  default_beep_mode: "Off" #optional - default "Off" string value
  default_sleep_mode: "-1" #optional - default "-1" string value
  default_swingv: "high" #optional - default "" string value
  default_swingh: "left" #optional - default "" string value
  keep_mode_when_off: True #optional - default False boolean value : Must be True for
MITSUBISHI_AC, ECOCLIM, etc.

```

`ignore_off_temp`: `False` *#optional - default False boolean value*