



EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM AMBIENTES DESOCUPADOS: O USO DO MICROCONTROLADOR ESP8266 PARA AUTOMATIZAÇÃO DOS ARES-CONDICIONADOS DO CAMPUS SÃO JOÃO DOS PATOS

Carlos Augusto Costa de Sousa¹, Franklyn Brito Mourao de Oliveira², Thiago Reis da Silva³

RESUMO

Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um sistema de Internet das Coisas (IoT) para o monitoramento e controle automatizado de aparelhos de ar-condicionado, visando a otimização do consumo de energia em ambientes frequentemente desocupados, como salas de aula e laboratórios do campus São João dos Patos. O projeto utilizou o microcontrolador ESP32 para coletar dados ambientais em tempo real, como temperatura, umidade, presença e iluminação, por meio de sensores DHT11, PIR e LDR. A arquitetura do sistema é distribuída em três camadas: hardware para coleta e atuação, um *backend* desenvolvido em PHP com banco de dados MySQL para processamento e armazenamento, e um frontend web responsivo que permite a visualização de dados e o controle remoto dos equipamentos. A metodologia de desenvolvimento foi baseada em uma abordagem ágil, permitindo a implementação iterativa de funcionalidades como configuração remota de WiFi, sistema de alertas e painéis de gerenciamento. O resultado é uma solução de baixo custo que contribui para a sustentabilidade do campus, alinhando-se ao Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 7 da ONU – Energia Limpa e Acessível – ao reduzir o desperdício energético.

Palavras-chave: Eficiência Energética, Internet das Coisas, ESP32.

¹ Estudante bolsista – Curso de Tecnologia em Redes de Computadores – IFMA/Campus São João dos Patos; augusto.carlos@acad.ifma.edu.br

² Técnico de Laboratório de Informática Esp. – Membro do Projeto/Orientador – IFMA/Campus São João dos Patos; E-mail: franklyn.oliveira@ifma.edu.br

³ Professor de Informática Dr – Coordenador do Projeto/Orientador – IFMA/Campus São João dos Patos; E-mail: thiago.reis@ifma.edu.br

FINANCIAMENTO: Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão (FAPEMA).

1. INTRODUÇÃO

A importância de aplicativos dedicados ao controle de dispositivos mostra-se fundamental, pois eles ofereceram aos usuários uma interface intuitiva para monitorar o consumo energético em tempo real, programar horários de funcionamento e ajustar configurações conforme a necessidade (MACIEL, 2024). A automação residencial, por sua vez, foi caracterizada como um conjunto de serviços proporcionados por sistemas tecnológicos integrados, destinados a atender às necessidades essenciais de uma residência ou ambiente, com o objetivo primordial de proporcionar controle e conforto aos usuários (CAJADO, 2025).

Nesse cenário, as instituições de ensino representaram uma oportunidade para potencializar os estudos sobre *Smart Cities*, uma vez que concentraram uma comunidade de estudantes, professores e funcionários, formando uma população disposta a adotar, desenvolver e promover a implementação de inovações, bem como a participar dos testes e melhorias decorrentes das mudanças implantadas (ZARPELLON, 2024). Assim, o projeto alinhou-se ao ODS 7 – Energia Limpa e Acessível das Nações Unidas (ONU, 2024).

Ao integrar sistemas de automação que otimizaram o uso de energia em ambientes desocupados, como salas de aula e laboratórios, a iniciativa não apenas promoveu a eficiência energética, mas também tornou a energia mais acessível ao reduzir o desperdício e os custos.

O sistema implementado realizou o monitoramento de variáveis ambientais, tais como, temperatura, umidade, movimento e iluminação em múltiplas salas, possibilitando o controle remoto inteligente dos aparelhos de ar-condicionado por meio de uma interface *web* responsiva. A arquitetura distribuída combinou microcontroladores ESP32 para coleta de dados via sensores (DHT11, PIR, LDR), *backend* em PHP/MySQL para processamento e armazenamento, e *frontend* para visualização e controle em tempo real.

2. METODOLOGIA

O projeto foi desenvolvido em oito fases, o que permitiu flexibilidade para adaptar-se às descobertas técnicas e aos requisitos ao longo do processo. A divisão em ciclos curtos de desenvolvimento favoreceu a validação das entregas, a colaboração entre os envolvidos e a mitigação de riscos durante toda a execução.

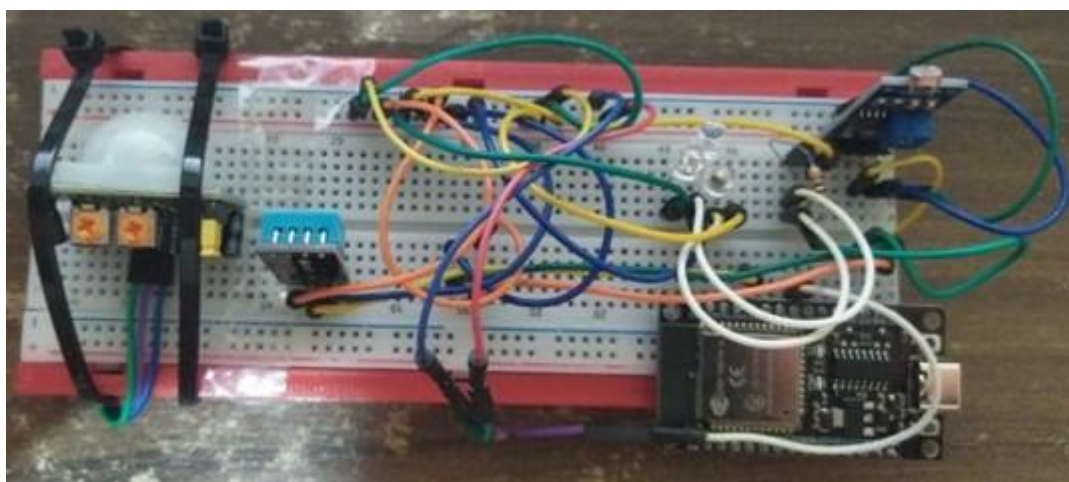
- **Fase 1 – Planejamento:** Definição da arquitetura do sistema (hardware com ESP32, *backend* em PHP/MySQL e *frontend web*), escolha das tecnologias e criação de um protótipo inicial para validação da ideia;
- **Fase 2 – Hardware:** Montagem e configuração da parte física, incluindo os sensores de temperatura, umidade e movimento (DHT11, PIR) e o controle infravermelho (IR) para o ar-condicionado;
- **Fase 3 – Backend:** Desenvolvimento do núcleo do sistema, com a criação do banco de dados para armazenamento das informações de sensores, salas e usuários, além das APIs para comunicação entre os módulos;
- **Fase 4 – Frontend:** Construção da interface do usuário, com um painel para monitoramento em tempo real dos dados, controle do ar-condicionado e um painel administrativo para gerenciamento de salas e usuários;
- **Fase 5 – Configuração Wi-Fi:** Implementação de um sistema que possibilitou a conexão remota e simplificada do dispositivo ESP32 à rede;
- **Fase 6 – Alertas:** Criação de um sistema de notificações para sinalizar eventos críticos, como temperaturas fora dos limites estabelecidos ou detecção de movimento;
- **Fase 7 – Otimizações:** Aplicação de melhorias de desempenho, aprimoramento da interface e incorporação de funcionalidades adicionais, como a geração de relatórios; e
- **Fase 8 – Testes:** Realização de testes de integração, segurança e desempenho, assegurando o funcionamento e a estabilidade do sistema.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O sistema desenvolvido utilizou o microcontrolador ESP32 como núcleo de processamento, equipado com diferentes de sensores, sendo possível integrar vários em um único dispositivo. Atualmente, estão conectados o sensor DHT11, responsável pela leitura de temperatura e umidade do ambiente, e o sensor PIR, que detecta movimentos. O DHT11 possui três conectores (GROUND, VCC e DATA), o que facilita sua ligação ao ESP32 e à *protoboard* para melhor organização. O sensor PIR, por sua vez, identifica movimentos em intervalos de 20 minutos, ativando o sistema da seguinte forma: ao detectar movimento, envia o sinal ao ESP32, que reconhece a atividade e reinicia o temporizador, garantindo o envio do comando de desligamento do dispositivo apenas após esse período.

Além desses, foram adicionados outros sensores para ampliar as funcionalidades do sistema. O sensor LDR possibilita a detecção de luminosidade, permitindo, a automação de iluminação no IFMA por meio da página *web*. O LED infravermelho (LED IR) destaca-se como o principal componente, pois é responsável por enviar sinais de ligar, desligar, aumentar ou diminuir a temperatura dos dispositivos controlados, sendo essencial para o funcionamento do protótipo. Todas as funcionalidades encontram-se disponíveis para que professores ou técnicos possam administrar o sistema de forma prática e ágil. A Figura 1 a seguir, apresenta o protótipo desenvolvido conectado a todos os sensores.

Figura 1: Protótipo finalizado com todos os sensores.



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Para a execução dos testes, foram utilizados um notebook e um computador para monitorar os dados em tempo real e controlar, por meio da página *web*, os dispositivos. A preparação do ambiente de testes será detalhada neste relatório. As subseções a seguir apresentam as etapas realizadas para a criação do banco de dados, configuração do *backend* e *frontend*, bem como o acesso local ao sistema.

3.1. Preparação do Ambiente

Para iniciar a utilização do sistema de monitoramento, é necessário preparar o ambiente de execução. Primeiramente, realiza-se a instalação do XAMPP, que integra os serviços Apache e MySQL indispensáveis para o funcionamento do backend em PHP e do banco de dados. Após a instalação, o XAMPP deve ser iniciado, ativando-se os módulos Apache e MySQL por meio do painel de controle. Em seguida, o diretório do projeto deve ser copiado para a pasta “htdocs” do XAMPP, possibilitando o acesso local ao sistema por meio do navegador.

3.2. Configuração do Banco de Dados

Com o ambiente preparado, o passo seguinte consiste na configuração do banco de dados. Para isso, deve-se acessar o phpMyAdmin pelo painel do XAMPP e criar um novo banco de dados para o sistema. Em seguida, importa-se o arquivo “*schema.sql*”, localizado em “*backend/database/migrations*”, responsável pela criação de todas as tabelas e estruturas. Após a importação, é essencial revisar o arquivo “*db_config.php*” para assegurar que as credenciais de acesso estejam corretas, ajustando o nome do banco, o usuário e a senha conforme a configuração local.

3.3. Configuração do Backend

Após a criação do banco de dados, é necessário assegurar que o *backend* esteja devidamente configurado para se comunicar com o banco. No arquivo “*backend/config/db_config.php*”, deve-se verificar se os parâmetros de conexão correspondem ao banco criado e às credenciais definidas, como ilustrado na Figura 2. Caso necessário, as informações devem ser ajustadas para evitar erros de conexão. Dessa forma, o *backend* estará apto a processar requisições, autenticar usuários e registrar *logs*.

Figura 2: Configuração do arquivo *db_config.php*.



```
1 <?php
2 require_once __DIR__ . '/config.php';
3
4 // Configurações do banco de dados
5 if (defined('DB_SERVER')) {
6     define('DB_SERVER', 'localhost');
7 }
8
9 if (defined('DB_USERNAME')) {
10    define('DB_USERNAME', 'root');
11 }
12
13 if (defined('DB_PASSWORD')) {
14    define('DB_PASSWORD', '');
15 }
16
17 if (defined('DB_NAME')) {
18    define('DB_NAME', 'controle_esp');
19 }
20
21 // Tentativa de conexão
22 try {
23     $GLOBALS['conn'] = new mysqli(DB_SERVER, DB_USERNAME, DB_PASSWORD, DB_NAME);
24
25     // Verifica se há erros na conexão
26     if ($GLOBALS['conn']->connect_error) {
27         throw new Exception("Erro na conexão com o banco de dados: " . $GLOBALS['conn']->connect_error);
28     }
29
30     // Define o charset para UTF-8
31     $GLOBALS['conn']->set_charset("utf8");
32
33 } catch (Exception $e) {
34     error_log($e->getMessage());
35
36     // Exibe uma mensagem genérica ao usuário
37     die("Erro ao conectar ao banco de dados. Por favor, tente novamente mais tarde.");
38 }
39
40 // Tornar a variável $conn global
41 $conn = $GLOBALS['conn'];
42 ?>
```

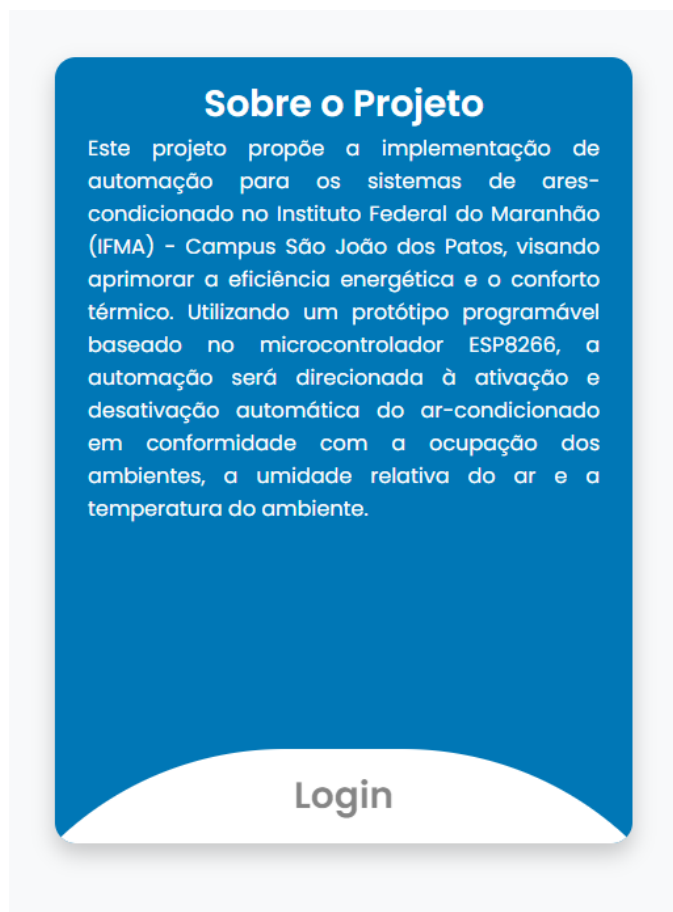
Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

3.4. Acesso ao Sistema

Com o ambiente e o backend devidamente configurados, o sistema pode ser. Na tela de *login* (Figura 3), devem ser informadas as credenciais previamente cadastradas no banco

de dados. Após a autenticação, o usuário é direcionado ao painel principal, no qual estão disponíveis as funcionalidades de monitoramento, administração e visualização de dados.

Figura 3: Tela de *login* do sistema.



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

3.5. Funcionalidades do sistema

No painel principal – ver Figura 4 –, o usuário pode visualizar o status das salas monitoradas, os dispositivos conectados e as informações em tempo real. O sistema possibilita o gerenciamento de usuários, permitindo o cadastro, a edição e a exclusão de registros, bem como a definição de permissões de acesso. Todas as ações realizadas são registradas em logs, que podem ser consultados e exportados para fins de auditoria. Além disso, o painel oferece acesso às configurações do sistema, nas quais é possível ajustar parâmetros de acordo com as necessidades do ambiente.

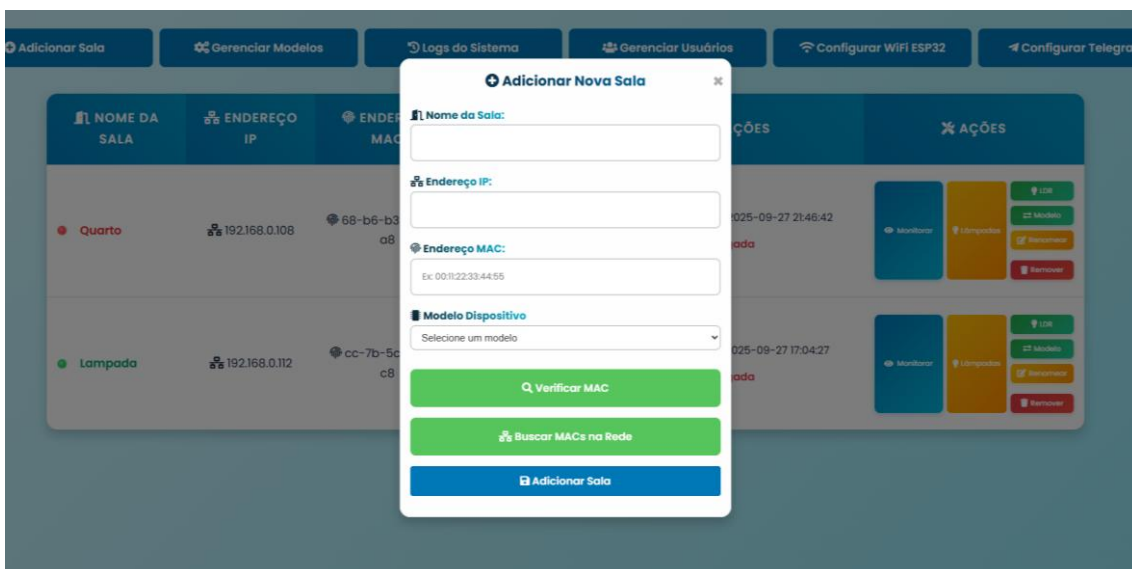
Figura 4: Painel principal e funcionalidades do sistema.



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

A Figura 5 apresenta a tela destinada ao cadastro de uma nova sala no sistema, permitindo inserir informações como nome da sala, endereço IP, endereço MAC e modelo do dispositivo. Além disso, disponibiliza botões para verificar e buscar o MAC na rede, bem como para confirmar o registro da sala. Essa funcionalidade possibilita a ampliação do sistema, garantindo a organização e o gerenciamento dos dispositivos conectados.

Figura 5: Funcionalidade para adicionar novas salas.

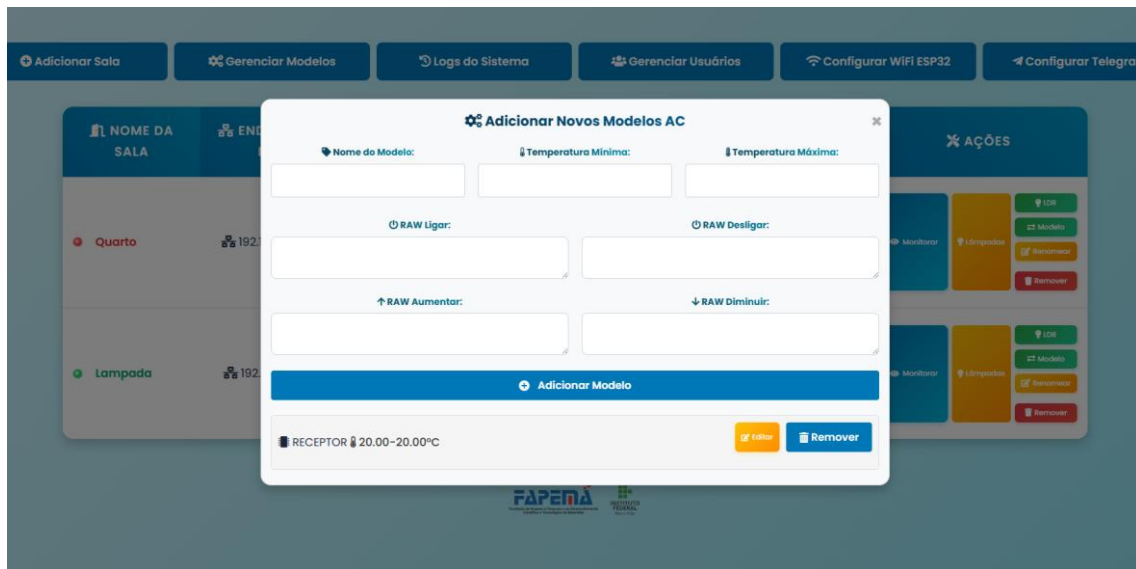


Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

A Figura 6 a tela destinada ao cadastro de modelos de ar-condicionado no sistema. A tela possibilita a definição do nome do modelo, temperatura mínima e máxima, além da configuração dos comandos em formato RAW, como ligar, desligar, aumentar ou diminuir a temperatura. Após o preenchimento dos campos, o modelo pode ser adicionado ao sistema, editado ou removido. Essa funcionalidade permite maior flexibilidade e

compatibilidade, permitindo que diferentes modelos de dispositivos sejam integrados ao processo de automação

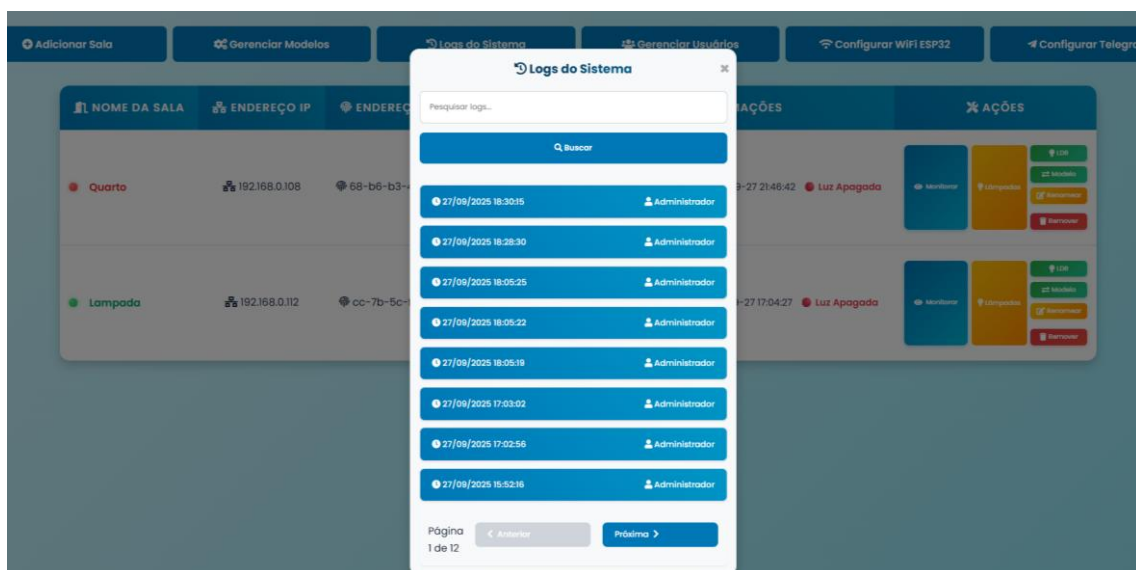
Figura 6: Tela de cadastro para adicionar e editar novos dispositivos.



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

A Figura 7 apresenta a interface de registro de atividades do sistema, exibindo um histórico de *logs* com informações de data, hora e usuário responsável (Administrador). Esse recurso permite acompanhar as ações realizadas, oferecendo rastreabilidade e controle das operações no ambiente. O sistema disponibiliza opções de busca, navegação por páginas e filtragem dos registros, garantindo maior transparência e segurança na gestão dos dispositivos cadastrados.

Figura 7: Tela de *logs* do sistema.



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

3.6. Dificuldades encontradas e soluções

No percurso de desenvolvimento do sistema, algumas dificuldades foram identificadas, destacando-se duas principais:

- **Problemas de conectividade de rede:** Um dos desafios mais significativos enfrentados durante o projeto foi a incompatibilidade com a rede do IFMA, que utiliza uma criptografia distinta das redes residenciais comuns. A solução encontrada foi substituir o módulo ESP8266, originalmente previsto no projeto, pelo ESP32. Além disso, considerando as frequentes quedas de conexão, o ESP32 foi configurado para buscar continuamente a rede definida no código, proporcionando facilidade de manutenção para técnicos futuros;
- **Vulnerabilidades de segurança:** Por se tratar de uma rede privada do IFMA, foi necessário assegurar um nível elevado de proteção para prevenir ataques internos e externos. Para tanto, foram implementados *hash* de senha com *bcrypt*, validação dos dados de entrada e mecanismos de proteção contra-ataques de *SQL injection*, garantindo maior integridade e segurança do sistema.

4. CONCLUSÃO

O sistema foi desenvolvido para o campo da automação predial e da IoT aplicada ao campus IFMA São João dos Patos. A combinação de tecnologias abertas, arquitetura escalável e funcionalidades avançadas resultou em uma solução prática, capaz de demonstrar o potencial da IoT. A utilização de ferramentas consolidadas, como PHP no *backend*, MySQL para gerenciamento de dados, HTML, CSS e JavaScript no *frontend*, juntamente com *scripts* em Python e programação em Arduino voltada à integração com o hardware, proporcionou uma base sólida para a construção do projeto. Todo o processo de configuração foi planejado para garantir que o ambiente esteja preparado, permitindo a integração entre os módulos e facilitando tanto a instalação quanto o uso por diferentes usuários.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a FAPEMA, pelo suporte financeiro a este projeto, ao IFMA através do Edital PRPGI nº 14/2024 - PIBITI Ensino Superior 2024/2025 – e, em especial, ao Campus São João dos Patos, por toda infraestrutura oferecida.

REFERÊNCIAS

MACIEL, B. E. C. Desenvolvimento de uma interface gráfica para o monitoramento, automação e controle de ar condicionado. 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2024.

CAJADO, C. E. N. Desenvolvimento de sistema para gerência e automação de laboratório usando ESP8266. 2025. Monografia (Bacharelado em Engenharia da Computação) – Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2025.

ZARPELLON, B. O. Sistema integrado para monitoramento de variáveis energéticas do Instituto de Ciência e Tecnologia de Sorocaba no contexto de Smart Campus. 2024. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Instituto de Ciência e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Sorocaba, 2024.

ONU. Organização das Nações Unidas. 2024. Disponível em: <<https://brasil.un.org/ptbr/sdgs>>. Acesso em agosto de 2025.