

**MONITORAMENTO REMOTO DE AMBIENTE INSTITUCIONAL COM FOCO EM
BOAS PRÁTICAS NO USO DE ENERGIA ELÉTRICA****REMOTE MONITORING OF INSTITUTIONAL ENVIRONMENT WITH A FOCUS ON
BEST PRACTICES IN THE USE OF ELECTRIC ENERGY****Vinicius Pinheiro Leite¹****Renan Augusto Lisboa Ventura²****Vinicius Trevisano Cabral de Oliveira³****Gabriel de Souza Sales⁴****Marcelo José Simonetti⁵**

RESUMO: A crescente demanda por energia elétrica nas sociedades modernas traz desafios ambientais relacionados à sua produção. A eficiência energética tornou-se um fator chave para mitigar os impactos do uso excessivo de recursos naturais e das mudanças climáticas. Diante da crise energética e da transição para uma economia verde, torna-se essencial desenvolver soluções para otimizar o consumo de eletricidade. Este trabalho propõe a implementação de um sistema de monitoramento remoto do consumo energético no laboratório de *PLC* da Fatec Tatuí, utilizando sensores específicos para a medição de variáveis críticas. Foram empregados sensores de temperatura e umidade (DHT22), luminosidade (LDR), presença, ruído (GC-029) e gás (MQ-2), além do microcontrolador ESP32 para aquisição e transmissão dos dados. O sistema registrou e analisou dados como corrente elétrica, potência e diferença de potencial ao longo de um período de uma semana de monitoramento. A solução demonstrou a eficácia da tecnologia IoT, Big Data e Data Analytics na coleta e análise de informações em tempo real, promovendo um uso mais racional dos recursos e auxiliando gestores na tomada de decisões informadas para redução de custos operacionais. O modelo desenvolvido pode ser replicado em diferentes ambientes, contribuindo para a eficiência energética e sustentabilidade, especialmente no contexto da Indústria 4.0.

Palavras-chave: Gestão energética; Sistemas de automação; *IoT*; Análise de dados inteligentes.

ABSTRACT: The growing demand for electricity in modern societies brings environmental challenges related to its production. Energy efficiency has become a key factor in mitigating the impacts of excessive use of natural resources and climate change. In the face of the energy crisis and the transition to a green economy, it is essential to develop solutions to optimize electricity consumption. This work proposes the implementation of a remote monitoring system of energy consumption in the *PLC* laboratory of Fatec Tatuí, using specific sensors for the measurement of critical variables. Temperature and humidity (DHT22), luminosity (LDR), presence, noise (GC-029) and gas (MQ-2) sensors were used, in addition to the ESP32 microcontroller for data acquisition and transmission. The system recorded and analyzed data such as electrical current, power, and potential difference over a one-week monitoring period. The solution demonstrated the effectiveness of IoT, Big Data and Data Analytics technology in collecting and analyzing information in real time, promoting a more

Cursando automação industrial na Fatec Tatuí. E-mail: viniciuspinheiroleite@gmail.com¹

Cursando automação industrial na Fatec Tatuí. E-mail: viniciustcoliveira@icloud.com²

Cursando automação industrial na Fatec Tatuí. E-mail: renan.al.ventura@gmail.com³

Cursando automação industrial na Fatec Tatuí. E-mail: gabrielsouzasales0406@gmail.com⁴

Mestre Docente da Fatec Tatuí. E-mail: mjsimonetti@yahoo.com.br⁵

rational use of resources and assisting managers in making informed decisions to reduce operating costs. The developed model can be replicated in different environments, contributing to energy efficiency and sustainability, especially in the context of Industry 4.0.

Keywords: Energy management; Automation systems; *IoT*; Intelligent data analytics.

1 INTRODUÇÃO

De acordo com (ABRAHÃO; SOUZA, 2021) fazem perceber que ao longo dos tempos um aumento bastante significativo na demanda por energia elétrica. Diversos são os meios de obtenção deste recurso e muitos deste proporcionam grande impacto junto ao meio ambiente. Surge então a necessidade de elaborar meios racionais para proporcionar mais eficiente sua utilização (STORARRI, 2014).

De forma geral, e como uma tendência de ordem mundial, diversos modelos e iniciativas que reforçam a importância da eficiência energética em face de diversas ocorrências proporcionada pela falta de energia, muitas destas fomentaram ações por parte das companhias elétricas afim de melhorar o uso da energia elétrica (BARROS, 2011).

Este trabalho tem por objetivo implantar um sistema de coleta de dados focado no monitoramento em tempo real de variáveis que impactam no consumo de energia elétrica dentro de um ambiente institucional, através de implementação de sensores dispostos em áreas específicas, onde os valores percebidos e mensuram variáveis intrínsecas ao consumo de energia. Estes sensores conectados por intermédio de um controladora dedicado e integrado a internet, enviam os valores processados para nuvem. O desenvolvimento exposto revela de que forma a energia elétrica está sendo aplicada. Com um registro temporal das variáveis, cria-se um histórico de medições, que é compilado em formato de banco de dados e pode ser visualizado de várias formas. Esses dados são fundamentais para o gerenciamento e a identificação de problemas, abrangendo tanto a infraestrutura quanto a cultura organizacional da empresa. Estes estudos foram realizados em uma sala da Faculdade de Tecnologia de Tatuí, onde todo o sistema foi projetado do zero, criando um ambiente fechado e autônomo para análise detalhada da eficiência energética. Além de oferecer um monitoramento preciso, a solução permite a identificação de padrões de consumo, desperdícios e oportunidades de otimização. O sistema também foi projetado para avaliar a eficiência do próprio funcionamento, garantindo a confiabilidade dos dados e

a robustez do modelo implementado. Essa abordagem possibilita ser replicada em projetos de diferentes contextos, como indústrias e instituições, contribuindo para a digitalização da gestão energética e alinhando-se aos princípios da Indústria 4.0 e da sustentabilidade.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 SENSORIAMENTO VIA IOT.

O sensoriamento em um processo produtivo tem como objetivo a automatização e padronização da coleta de dados possibilitando os gestores conhecerem seu perfil de uso de equipamentos, por cruzamento de variáveis analisadas (ALBERTO, 2023).

De acordo com MEDINA (2022) os equipamentos utilizados para a implantação de IoT (Internet das Coisas) são munidos de capacidade de coletar, processar e transformar informações e são capazes de compartilhar seus dados. Este processo possibilita várias abordagens, permitindo que estes sistemas possam beneficiar seus usuários pelo aproveitamento dos dados quantitativos comumente utilizados pelos responsáveis pela gestão de ativos e na avaliação de desempenho. Este mesmo autor descreve alguns tipos de sensores, como:

- O sensor DHT22 é utilizado para medir a temperatura e a umidade do ambiente, sendo escolhido por sua eficiência, simplicidade de uso e baixo custo. Também por ser compatível com o microcontrolador ESP32, utilizado no projeto. Sua taxa de medição é de 0° a 50° Celsius;
- Sensor de incêndio, o MQ-2, O MQ-2 é utilizado para detectar concentrações de gases combustíveis no ambiente, permitindo a identificação precoce de possíveis incêndios. Durante um incêndio, diversos gases perigosos podem ser liberados, como monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂) e hidrocarbonetos, representando riscos à segurança dos ocupantes. A sensorização com MQ-2 permite monitorar essas concentrações, auxiliando na implementação de sistemas de alerta que podem mitigar danos e proporcionar uma resposta rápida às emergências;
- O módulo sensor LDR (fotoresistor) identifica o teor de luminosidade onde instalado, fornecendo uma informação precisa e essencial para o projeto. Seu

funcionamento baseia-se no princípio de que, quanto maior a incidência de luz, menor será sua resistência;

- Sensor GC-029, responsável por identificar a intensidade do ruído onde instalado, tendo uma saída analógica e digital, possibilitando uma diferente leitura de acordo com a sua aplicação podendo também ser ajustado de acordo com o seu local de aplicação;
- Buzzer Piezoelétrico, dispositivo responsável pelo alarme e alerta de incêndio, seu funcionamento consiste em um pequeno amplificador de ondas, onde ele consegue transformar a energia em vibrações, podendo assim ter uma alta eficiência em seu funcionamento;
- Sensor de presença HC-SR501 PIR, responsável pela identificação de pessoas com o objetivo de manter a iluminação do local ativado, a função do sensor de presença é detectar movimentos ou a presença contínua de alguém presente no ambiente, garantindo assim que as luzes permaneçam acesas. Logo que o sensor não detecta presença, ele realiza o desligamento das luzes, possibilitando assim uma economia de energia.

2.2 COLETA E GERENCIAMENTO DE DADOS

O ambiente da indústria 4.0 dispõe de coleta de dados, interação entre os sensores e os meios de armazenamento, utilizando vários modelos de manipulação de forma eficiente dos dados para suporte na tomada de decisões.

2.2.1 *Big Data*

Especificamente, *big data* é uma área que trabalha com um grande volume de dados em alta velocidade e variedade, que são gerados continuamente, é um fator de grande importância, especialmente para a coleta e tratamento de dados fornecidos por sensores instrumentados em máquinas ou equipamentos, assim permitindo o monitoramento do status atual e auxiliando no processo de gestão dos equipamentos. Um compartilhamento perfeito de dados contribui significativamente para a melhoria no uso dos ativos e em sua conservação (SCHROEDER, 2014).

Esse recurso tem como base três pontos principais, conhecidos como “3Vs”,

sendo eles a velocidade, ou seja, o quão rápido os dados são gerados e processados. A variedade, que é fazer uso de dados obtidos de sensores pode apresentar dados em muitos formatos. E volume, que é a capacidade de trabalhar com um grande volume de dados em um breve período (SCHROEDER,2014).

2.2.2 Data Analytics

Data Analytics consiste na análise de conjuntos de dados para obter *insights* e tomar decisões baseadas em dados. No contexto do monitoramento, a capacidade de analisar dados é uma ferramenta essencial para otimizar as operações das empresas, prever falhas e aumentar a eficiência geral. Os diferentes tipos de análises aplicados a este tipo de monitoramento de descrição, que analisa o histórico de dados para a extração de padrões e tendências, o diagnóstico com a finalidade de identificar os fatores que causam a desgastes em equipamentos e por consequência no uso de recursos energéticos (SCHROEDER, 2014).

2.3 IMPACTO DA COLETA DE DADOS

As instituições no mundo todo têm buscado melhores resultados e maior relevância no cenário comercial. Para isso muitos países têm desenvolvido incentivos e pesquisas científicas para que se desenvolvam processos assertivos de gestão de recursos e ativos para que sejam cada vez mais alinhados com o aumento da produção, a eficiência e o uso dos recursos naturais (SCHROEDER, 2014).

Uma ferramenta amplamente difundida desde a época do nascimento da terceira revolução industrial é a melhoria contínua, que consiste em um processo de reengenharia e um método de resolução de problemas que visa em seu último estágio aumentar o desempenho de uma atividade ou até mesmo de uma organização inteira, e uma metodologia para aplicação deste processo é de coleta e análise dos dados, que norteiam todo o trabalho fazendo com que as ações e práticas sejam voltadas sempre a impactar positivamente o objeto.

Este mesmo autor descreve que a análise quantitativa dos dados confere o poder de visualização holística de todo o processo de consumo de energia inerente ao processo, possibilitando aos gestores uma tomada de decisão ideal para a boa

gestão dos ativos, direcionamento da manutenção e de insumos inerentes ao processo ocasionando em controle e previsibilidade de produção, alcançando a competitividade e desempenho desejado (SCHROEDER, 2014).

2.4 ESP 32

Desempenha um papel essencial no sistema desenvolvido, servindo como o controlador principal. Ele é responsável por captar e processar dados, controlar dispositivos e gerenciar a comunicação sem fio, tornando o processo de coleta e transmissão de dados.

O ESP32, com seu módulo Wi-Fi integrado foi escolhido devido à sua capacidade de processamento, conectividade Wi-Fi e Bluetooth integrada, e sua ampla variedade de pinos de entrada/saída, que permitem uma grande flexibilidade no desenvolvimento do projeto. Sua eficiência energética também foi um fator importante, especialmente para aplicações em dispositivos móveis ou de baixo consumo (IFPE, 2025).

2.5 PROTOCOLO HTTP E PROTOCOLO SSL

Atualmente o principal meio de comunicação e informação que está sendo utilizado é a internet. Transacionando milhares de dados a cada segundo. Para ter uma segurança entre os dados que são transacionados diariamente foi criado o protocolo “*Hypertext Transfer Protocol* (HTTP)”, uma aplicação usada na comunicação entre cliente e servidor.

O HTTP é um protocolo básico da *World Wide Web* (WWW), que foi criado exclusivamente para utilização na Internet. Ele especifica a transição de dados entre o cliente e o servidor, onde cada interação consiste em uma solicitação ASCII (*American Standard Code for Information Interchange*) (TANEMBAUM, 2003).

Uma variação do Protocolo de HTTP, o HTTPS (*Hypertext Transfer Protocol Secure*) atribuído a ele o protocolo SSL (*Secure Sockets Layer*) que se trata de um protocolo lançado inicialmente em 1994. A transmissão segura de dados em transações que envolvem informações sigilosas, como senhas, operações bancárias e dados pessoais, é viabilizada por protocolos de segurança específicos. Na utilização

nos *browsers* de pesquisa a utilização do protocolo HTTPS é único, quando utilizado é necessário utilizar o `https://` para *sítes* no qual possuem mais segurança e `http://` para sites sem segurança (TANEMBAUM, 2003).

Protocolo SSL propõe uma conexão mais segura entre o cliente e o servidor, sendo assim, fazendo uma negociação de parâmetro entre eles, tendo uma autenticação mútua, quando autenticado, efetua uma comunicação secreta para proteção e integração dos dados (TANEMBAUM, 2003).

2.6 GIT

Criado em 2005 por Linus Torvalds, o Git é um sistema de controle de versão, pela estrutura interna, é uma máquina do tempo extremamente rápida e é um robô integração em competente. O controle de versão possibilita o acompanhamento detalhado do desenvolvimento da programação, registrando cada modificação realizada no código por meio de repositórios. Assim, caso necessário, torna-se viável acessar versões anteriores do projeto (AQUILES, 2014).

2.7 GITHUB

Criado em 2008, o GitHub, uma aplicação responsável por hospedar os repositórios Git, além de servir como uma rede social para os programadores, sendo uma plataforma *Open Source*, onde os programadores compartilham seus códigos e se auxiliam quando necessário. Tendo diversos códigos de diferentes linguagens de programação como Node.js, Ruby, Python, entre diversas outras (AQUILES, 2014).

2.8 BANCO DE DADOS

Dentro da utilização de sistemas computacionais existe uma geração de dados em massa, havendo uma necessidade de armazenamento dos mesmos, que por sua vez, varia cada tipo de informação e tipo de dado, sendo como *number*, que seria relacionado a dados numéricos como “1”, “10” e derivados outros, outro tipo de dado seria, *string* que seria aceito alfanumérico, sendo letras e números. “Portanto, um banco de dados é um depósito de dados armazenados. Geralmente ele é tanto

integrado como compartilhado” (DATE, 1984, p.27).

2.9 MONGODB

MongoDB é um banco de dados não relacionado, sendo classificado como NoSQL, possuindo um alto desempenho flexível e fácil de expandir. O chamado orientado a documento utiliza um “documento” mais flexível para substituir o conceito de “linha” utilizado no banco de dados relacional. O documento pode armazenar os valores em *arrays*, outros documentos e modelos de dados complexos. O *MongoDB* tem como propositivo geral além de criar, ler, atualizar e excluir dados, oferece uma série de recursos únicos que continuam se expandindo. Sendo um banco de dados não relacionado não possui a possibilidade de consultar dados com SQL, ele foi projetado para garantir um desempenho estável (ZHU et al.,2017).

2.10 NODE.JS

O Node.js é um ambiente de teste em execução utilizando a linguagem de *Java Script*, oferecendo uma diversidade de API, como operações de arquivo, em desenvolvimento *web* e entre outras aplicações, utilizando consigo um motor V8 do *Google Chrome* para alcançar uma alta performance (NODE.JS FOUNDATION, n.d.).

Tendo as suas operações sendo baseadas em programação assíncronas,tem vantagens como aproveitar melhor o recurso dos sistemas, permitindo que o código seja implementando sem esperar a conclusão de operações específicas, liberando outros recursos limitados para outras tarefas (NODE.JS FOUNDATION, n.d.).

2.11 FRONT-END

Front-End é a parte do código que fica responsável pela parte visual e pela interação do usuário. No entanto, atualmente, ele também inclui a parte lógica. Sendo que a parte visual e interação tem a responsabilidade de desenvolvimento de Interface para visualização do usuário, conhecido também como experiência do usuário no qual é totalmente responsável para um melhor entendimento e visualização dos dados necessários dentro da web ou do *software*. A parte lógica fica responsável por

consumo de APIs e comunicação com o *Back-End* (DABIT, 2019).

2.12 BACK-END

Back-End é a parte na qual fica responsável por desenvolver toda lógica programável na programação, sendo a parte que fica por trás de toda aplicação. Portanto é a ferramenta responsável para ser comunicador entre o banco de dados e a aplicação. Onde é desenvolvido cada integração de dados entre os mesmos, e estruturado todo o sistema nervoso da programação para um funcionamento coeso (DABIT, 2019).

2.13 REACT NATIVE

O *React Native* é um *framework* para desenvolver aplicativos nativos em *Java Script*. Desenvolvido usando *Java Script*, sendo como uma extensão de sintaxe do *Java Script* que se parece com HTML ou XML, sua função é compilar para componentes nativos reais, utilizado também para construir aplicações web, evoluindo para aplicações server-side. Possuindo diversos benefícios para sua utilização no qual ele compila código em *Java Script* em um aplicativo verdadeiramente nativo que utiliza APIs e componentes específicos de plataforma, também possui velocidade e o desempenho superiores à *frameworks* híbridos como Cordova e Ionic, os desenvolvedores utilizam apenas uma única linguagem o *Java Script* resultando em facilidade para programadores desta área (DABIT, 2019).

2.14 FRAMEWORK

Um *framework* pode assumir diferentes papéis, dependendo da aplicação da programação, sendo responsável por tarefas específicas. Os *frameworks* são utilizados como uma forma de traduzir temas complexos em formatos que possam ser estudados e analisados. Particularmente, eles são empregados para facilitar o desenvolvimento de aplicações, oferecendo estruturas e soluções reutilizáveis (NODE.JS FOUNDATION, n.d.).

O principal objetivo de um *framework* é facilitar o entendimento e a

comunicação entre programadores que podem ter diferentes perspectivas sobre um problema. Ele oferece um conjunto de códigos que permite a execução das funções para as quais foi desenvolvido (LIMA *et al.*, 2004).

2.15 BIBLIOTECA

Uma biblioteca consiste em um conjunto de códigos reutilizáveis que solucionam problemas específicos ou atende alguma necessidade particular. Sendo um código *Open Source*, onde um desenvolvedor produziu a biblioteca para algum problema particular, outro desenvolvedor com um problema semelhante pode utilizá-la ou até aperfeiçoá-la. Podem ser consideradas como um “Poupa tempo” para os programadores, assim apenas executando a biblioteca na qual resolve a necessidade (ARDUINO, 2022).

3 MATERIAIS E METODOS

Este trabalho está pautado na implantação sistemática de sensores para otimizar a eficiência energética. Para alcançar esse resultado, são utilizados sensores que captam as principais grandezas físicas que influenciam o consumo de energia, cujos dados são interpretados por microcontroladores e armazenados em plataformas web. As variáveis monitoradas incluem temperatura e umidade (medidas pelo sensor DHT22), nível de luminosidade (sensor LDR), presença de pessoas no ambiente (sensor PIR HC-SR501), nível de ruído (sensor GC-029) e concentração de gases combustíveis (sensor MQ-2). A coleta de dados ocorre por meio dos sensores instalados no ambiente, que transmitem as medições ao microcontrolador ESP32. Os dados são registrados a cada um minuto, garantindo um acompanhamento contínuo das condições do laboratório. Essas informações são então armazenadas em uma plataforma *web*, permitindo análise histórica, identificação de padrões de consumo e ajustes para a melhoria da eficiência energética.

3.1 METODOLOGIA PARA CONSTRUÇÃO DA PLATAFORMA DE MONITORAMENTO

A construção da plataforma de monitoramento foi guiada por uma metodologia organizada em etapas bem definidas, com foco na escolha adequada de tecnologias, divisão modular do desenvolvimento e validação contínua de cada componente. A seguir, são descritas as principais fases envolvidas no processo de desenvolvimento.

3.2 AMBIENTES DE DESENVOLVIMENTO

A primeira etapa consistiu na definição dos ambientes de desenvolvimento, fundamentais para a organização e execução eficiente do projeto. Para o desenvolvimento do código da plataforma de monitoramento foi escolhido o *Visual Studio Code*, devido à sua ampla compatibilidade com múltiplas linguagens e *frameworks* modernos. Já para o desenvolvimento do código embarcado no microcontrolador ESP32, foi adotado o Arduino IDE, ambiente tradicionalmente utilizado para programação de dispositivos embarcados, com suporte robusto à linguagem C++ e bibliotecas específicas para sensores e módulos de rede.

3.3 LINGUAGENS DE PROGRAMAÇÃO E TECNOLOGIAS UTILIZADAS

Na etapa seguinte, definiu-se o conjunto de linguagens de programação e ferramentas a serem utilizadas. A linguagem C++ foi escolhida para programar o ESP32 na Arduino IDE, sendo responsável pela leitura dos sensores e envio de dados. Para o desenvolvimento da aplicação web e mobile, optou-se por *JavaScript*, devido à sua flexibilidade e forte ecossistema de bibliotecas e *frameworks*.

No desenvolvimento do *front-end*, foram utilizados:

- *React Native*: responsável pela criação da interface interativa e responsiva, com foco na experiência do usuário;
- *Bootstrap*: facilitou a estilização da interface com elementos modernos e responsivos.

Para o *back-end*, o projeto utilizou:

- *Node.js*: como ambiente de execução para *JavaScript* no servidor;

- *Express.js*: *framework* leve e eficiente para criação de rotas e manipulação de requisições da API;
- *Mongoose*: biblioteca para modelagem e manipulação de dados no banco; *MongoDB*, fornecendo uma estrutura robusta para interações com o banco.

A comunicação entre *front-end* e *back-end* foi realizada utilizando a biblioteca *SWR*, que permitiu o consumo eficiente da API via requisições HTTP.

3.4 ESTRUTURA DE ARMAZENAMENTO E HOSPEDAGEM

O banco de dados utilizado foi o *MongoDB*, por sua natureza no SQL, que permite armazenar dados de forma flexível e escalável. A base de dados foi hospedada nos serviços da *AWS*, garantindo segurança e alta disponibilidade.

A plataforma foi hospedada em duas frentes:

- *GitHub*: utilizado como repositório de código, permitindo versionamento e controle de alterações;
- *Render*: responsável pelo deploying da aplicação, escolhida por sua facilidade de uso e confiabilidade para aplicações web.

3.5 DESENVOLVIMENTO DO *BACK-END*

Com as tecnologias definidas, iniciou-se a construção do *back-end*. Foram criadas rotas na API com *Express.js*, conectadas ao banco de dados via *Mongoose*. A estrutura foi testada localmente, inserindo dados manualmente no banco *MongoDB* e verificando o correto recebimento pelo *front-end*.

Após a validação, o código foi enviado ao repositório *GitHub* e publicado na *Render*, garantindo que o sistema estivesse acessível em ambiente de produção.

3.6 DESENVOLVIMENTO DO *FRONT-END*

Finalizado o *back-end*, iniciou-se o desenvolvimento da interface com *React Native*. A interface foi projetada com foco em usabilidade e responsividade, permitindo uma navegação simples e intuitiva.

A comunicação entre *front-end* e *back-end* foi implementada por meio de uma

API REST, utilizando requisições HTTP para buscar e exibir os dados coletados pelos sensores.

Para garantir a segurança da aplicação, foi implementado um sistema de autenticação, permitindo acesso apenas a usuários cadastrados.

3.7 FUNCIONALIDADES AVANÇADAS

Uma das funcionalidades mais relevantes adicionadas à plataforma foi a área de alertas e notificações. Essa funcionalidade envia notificações por e-mail aos usuários sempre que os sensores identificam condições fora dos padrões pré-estabelecidos em alguma sala monitorada.

3.8 PROGRAMAÇÃO DO ESP32

Com a plataforma já funcional, iniciou-se a programação do microcontrolador ESP32, cuja função principal é a leitura dos sensores e o envio dos dados para a aplicação.

As etapas de desenvolvimento incluíram:

- Configuração da conexão Wi-Fi, utilizando a biblioteca *WiFiManager*, que permite ao usuário configurar a rede via um portal de acesso criado pelo próprio ESP32;
- Configuração do cliente HTTPS e definição do endpoint para envio dos dados ao *MongoDB*;
- Validação da comunicação com o banco de dados, testando o envio de dados manualmente e verificando o recebimento na aplicação.

3.9 ESTRUTURAÇÃO MODULAR DO CÓDIGO DOS SENSORES

Para manter a organização e facilitar a manutenção do código, a lógica dos sensores foi estruturada em arquivos separados:

- Um arquivo *.h* com as definições das funções e variáveis;
- Um arquivo *.cpp* com a implementação da lógica de cada sensor.

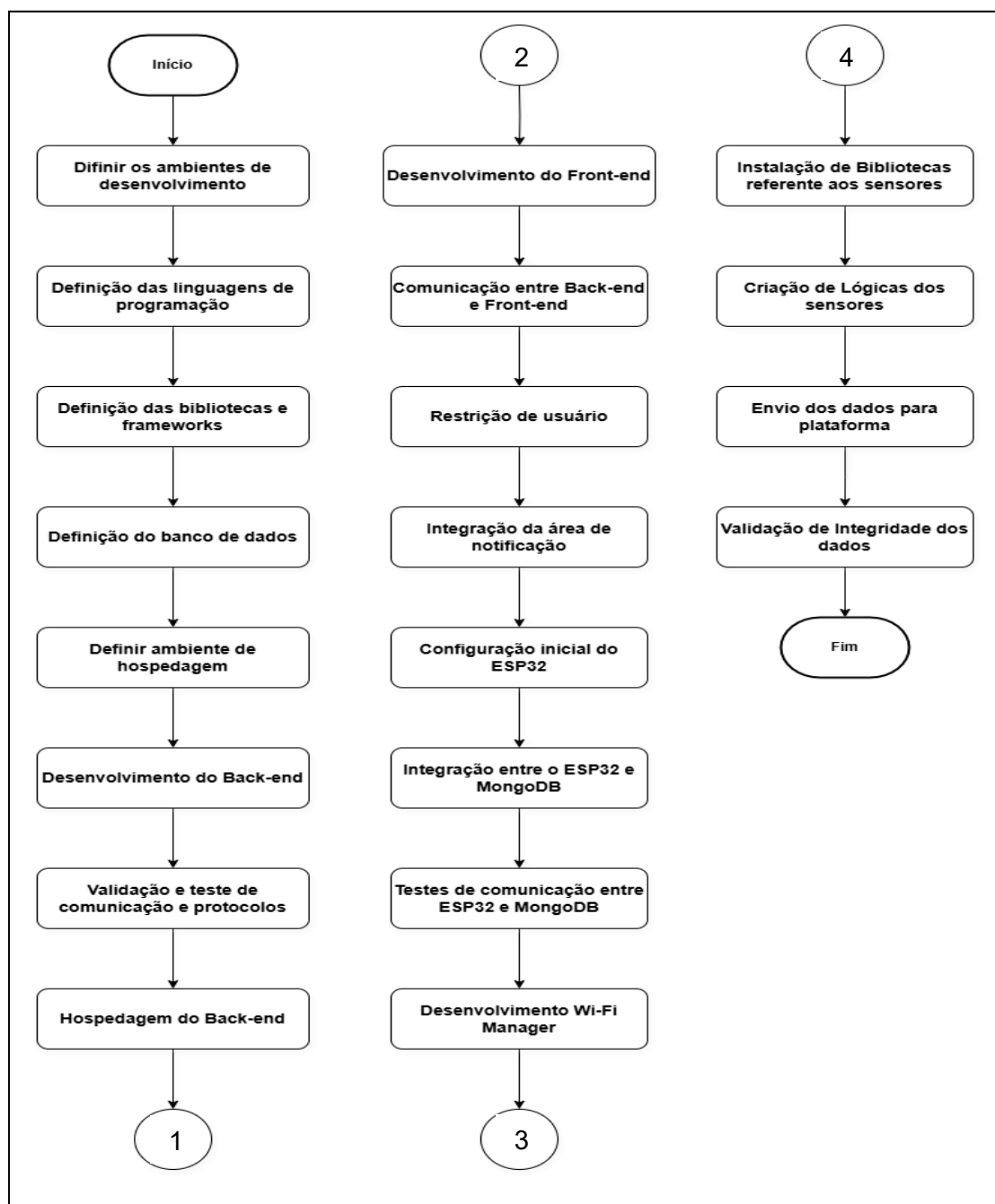
Cada sensor teve seus pinos definidos, e funções específicas foram desenvolvidas para processar as leituras:

- No caso de sensores como o LDR, foram criadas funções para capturar leituras e calcular médias;
- Para o sensor MQ2, foi criada uma função de leitura que transforma os dados em porcentagens de concentração de gás, utilizando a função `map`, e aciona um *buzzer* caso os valores ultrapassem um limite de segurança.

4 RESULTADOS.

De forma facilitar a compreeção de todo o processo, optou-se em construir um fluxograma, como veremos a seguir.

Figura 1 - Fluxograma do Processo de Desenvolvimento



Fonte: Autoria própria. (2024)

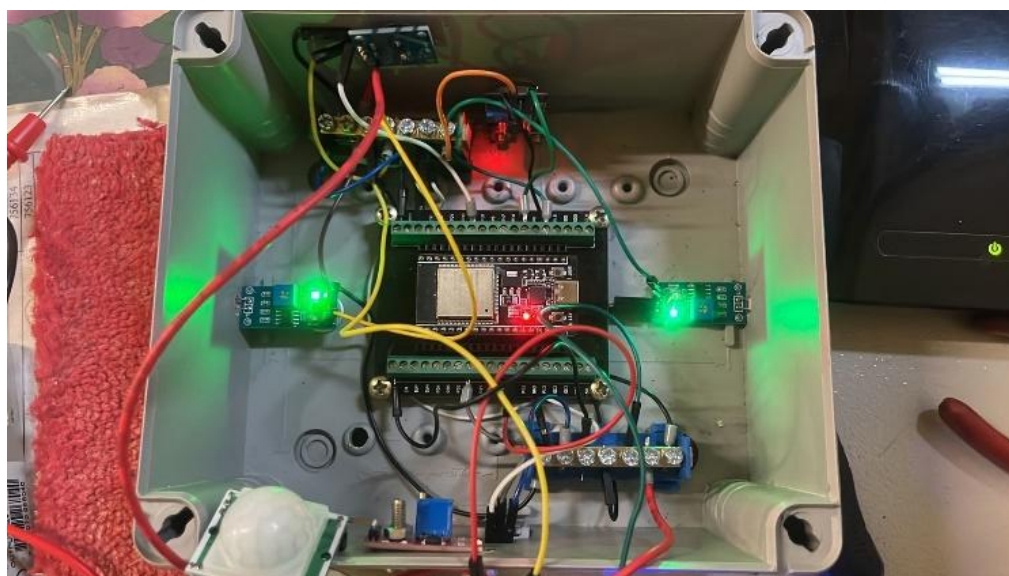
A validação do método de coleta e transmissão de dados pela conexão bem-

sucedida entre o microcontrolador e o banco de dados.

Também concluímos o desenvolvimento da plataforma web de monitoramento, bem como sua integração com o *MongoDB*, assim possibilitando a visualização em tempo real das variáveis enviadas pelo ESP32. Com a instrumentação em bancada dos sensores propostos para realização de validação da programação e da confiabilidade dos mesmos, além de iniciar a calibração dos sensores pela comparação com outros equipamentos homologados de forma que a repetibilidade e acurácia dos sensores seja satisfatória

A instrumentação dos sensores foi inserida em uma caixa plástica, a fim de que atingisse o objetivo dentro do ambiente. Isso envolveu uma adaptação espacial e de alimentação, além de uma organização física dos recursos materiais do protótipo. Observa-se na figura 2 a seguir o resultado dessa instrumentação:

Figura 2 – Caixa e disposição dos sensores



Fonte: Autoria Própria. (2024)

Alguns ensaios foram realizados com o objetivo de validação do funcionamento do protótipo proposto pelo grupo onde foi testado a confiabilidade dos dados enviados pelo sensor e a exibição destes valores dentro do *WebService*, como podemos considerar a seguir:

Tabela 1 – Teste de desempenho dos sensores

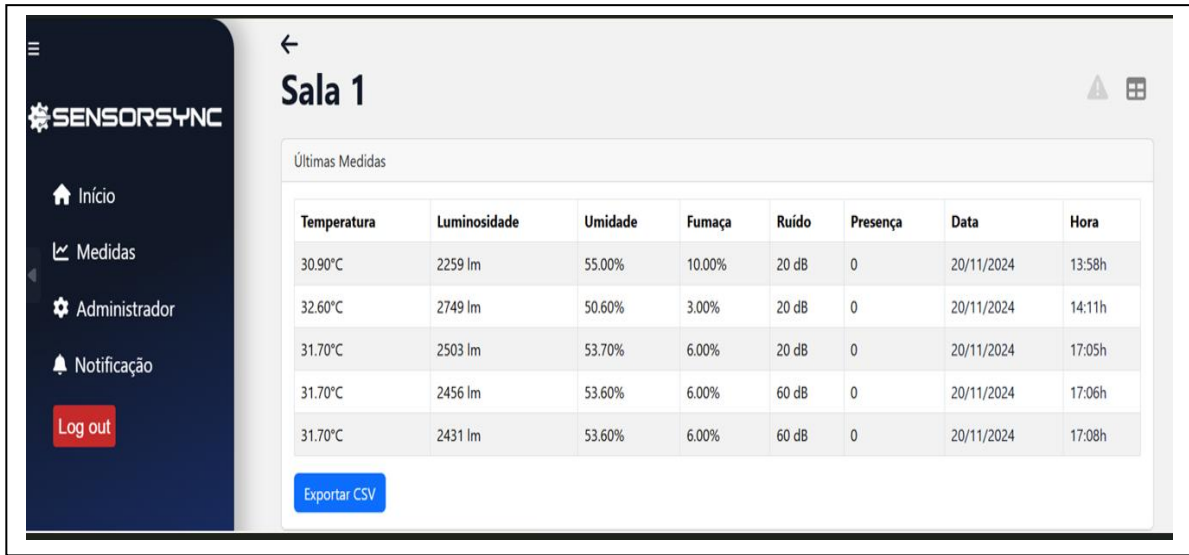
Sensores	Integração	Parâmetros	Medição
Presença	OK	Binário	0 ou 1
Temperatura	Ok	0 a 100 ° C	40 °C
Gás	OK	0 a 4000 ppm	2800 ppm
LDR (Luminosidade)	OK	10 a 1000 lux	800 Lux
Ruído	Ok	0 a 4000 dB	1800 dB

Fonte: Autoria própria. (2024)

Através da coleta de dados, é possível estabelecer um controle mais eficaz sobre os bons hábitos no uso de aparelhos eletrônicos. Um exemplo disso é o uso inadequado de sistemas de climatização, como o ar-condicionado operando em temperaturas muito baixas, como 16°C, sendo condições que o equipamento não foi projetado para operar, resultando em um consumo excessivo de energia. Outro exemplo de desperdício energético é a prática de manter as luzes acesas em ambientes desocupados, o que contribui para o aumento desnecessário do consumo de eletricidade.

Pode-se observar através da figura 3 a seguir o site criado pelo grupo com o objetivo de processar e gerenciar os dados coletados em campo.

Figura 3 – Site de gestão das informações coletadas



The screenshot displays the SENSORSYNC web application. On the left is a dark blue sidebar with navigation links: 'Início', 'Medidas', 'Administrador', 'Notificação', and a 'Log out' button. The main content area is titled 'Sala 1' and shows a table of 'Últimas Medidas' (Latest Measurements). The table has columns for Temperature, Luminosity, Humidity, Smoke, Noise, Presence, Date, and Time. Below the table is a blue 'Exportar CSV' button.

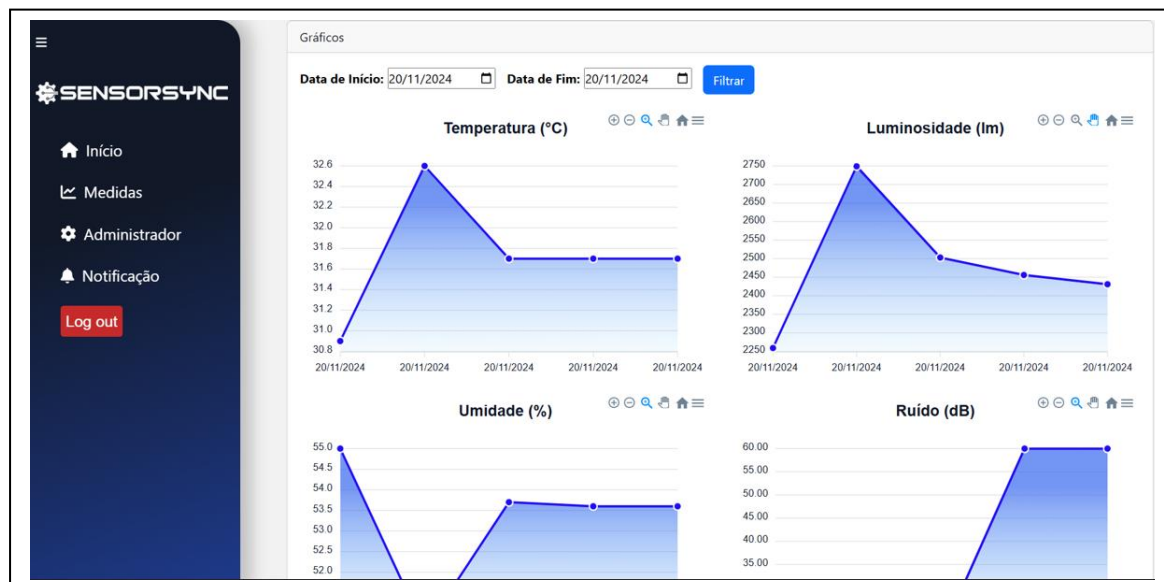
Temperatura	Luminosidade	Umidade	Fumaça	Ruído	Presença	Data	Hora
30.90°C	2259 lm	55.00%	10.00%	20 dB	0	20/11/2024	13:58h
32.60°C	2749 lm	50.60%	3.00%	20 dB	0	20/11/2024	14:11h
31.70°C	2503 lm	53.70%	6.00%	20 dB	0	20/11/2024	17:05h
31.70°C	2456 lm	53.60%	6.00%	60 dB	0	20/11/2024	17:06h
31.70°C	2431 lm	53.60%	6.00%	60 dB	0	20/11/2024	17:08h

Fonte: Autoria Própria. (2024)

Como todas as informações são coletadas em tempo real e as mesmas são processadas neste site, graficos podem ser criados demonstrando eventuais anomalias nos valores monitorados ao longo de um periodo. Pode-se observar esta tela de

gestão através da figura 4 a seguir.

Figura 4 – Tela de gestão



Fonte: Autoria Própria. (2024)

A confiabilidade no envio e na análise dos dados foi um fator essencial para garantir a eficácia do sistema de monitoramento remoto da eficiência energética. A precisão dos sensores de medição e a integridade das informações transmitidas em tempo real para o banco de dados *MongoDB* foram cruciais para que as decisões tomadas com base nesses dados fossem consistentes e precisas. Protocolos de comunicação robustos, combinados com mecanismos de verificação de consistência e redundância, asseguraram que a perda ou corrupção de dados fosse minimizada. Além disso, o sistema de alertas automáticos permitiu identificar rapidamente quaisquer desvios no consumo de energia, facilitando a implementação de correções em tempo hábil. A segurança dos dados também foi garantida por meio de criptografia e autenticação, protegendo a integridade e confidencialidade das informações. Dessa forma, a confiança nos dados coletados foi um pilar central para a otimização do consumo energético, promovendo maior eficiência, redução de custos e sustentabilidade nas operações. Os custo de realização deste projeto se aproxima dos US\$ 50,00.

5 CONCLUSÃO

A solução proposta se mostrou eficaz na coleta e análise de dados em tempo real, proporcionando uma compreensão aprofundada das condições operacionais dos equipamentos. A eficiência energética, como elemento central da proposta, foi otimizada por meio da análise contínua do consumo de energia, permitindo ajustes precisos que reduzem desperdícios e aumentam a performance dos sistemas.

A plataforma desenvolvida não apenas permite o monitoramento eficiente dos ativos, mas também oferece suporte para que gestores tomem decisões informadas, baseadas em dados reais e precisos. Com isso, promove-se uma utilização mais racional dos recursos energéticos, prolongando a vida útil dos equipamentos e reduzindo custos operacionais.

A relevância da instrumentação de precisão na eficiência energética foi evidenciada nos testes realizados, que validaram a confiabilidade e a exatidão dos sensores instalados. A integração com o banco de dados *MongoDB* garantiu o armazenamento adequado das variáveis monitoradas, enquanto as funcionalidades de alertas e notificações proporcionaram uma forma prática e ágil de identificar desvios no consumo energético. Isso possibilitou a identificação de padrões de consumo e o levantamento de potenciais melhorias no uso da energia, contribuindo diretamente para a redução do impacto ambiental e para a sustentabilidade dos processos.

Ao final, o projeto alcançou com sucesso seus objetivos, destacando-se como uma ferramenta essencial no contexto da Indústria 4.0, onde a eficiência energética é cada vez mais crucial para a competitividade e sustentabilidade das empresas. A instrumentação de alto desempenho, aliada à análise de dados, se revelou fundamental para a implementação de práticas de consumo inteligente e para a melhoria contínua das operações. A solução desenvolvida não apenas se mostra replicável em diferentes ambientes, mas também abre caminho para futuras pesquisas e inovações na gestão energética, ampliando sua aplicação em setores públicos e privados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAHÃO, K. C. de F. J.; SOUZA, R. G. V. de. Estimativa da evolução do uso final de energia elétrica no setor residencial do Brasil por região geográfica. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 21, n. 2, p. 383-408, abr./jun. 2021. ISSN 1678-8621 Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. 383 <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212021000200532>

ALBERTO, Matheus. Começando com Front-end: entenda os conceitos, as áreas e as tecnologias que você precisa estudar. 2024. Disponível em: <https://www.alura.com.br/artigos/comecando-com-front-end>. Acesso em: 17 maio 2024.

AQUILES, Alexandre. Controlando Versões com Git e GitHub. 1ª edição, Casa do Código, 2014.

ARDUINO. A Guide to Arduino & the I2C Protocol (Two Wire). Disponível em: <https://docs.arduino.cc/learn/communication/wire>. Acesso em: 05 jun. 2022.

BARROS, Regiane Silva de. Caracterização do uso de energia elétrica em empresas do segmento metalúrgico e perspectivas de ganhos de eficiência em sua utilização. 2011. 91 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica, Campinas, SP. Disponível em: <https://hdl.handle.net/20.500.12733/1615078>. Acesso em: 8 nov. 2024.

DATE, C. J. Introdução à Sistema de Banco de Dados. Rio de Janeiro: Campus, 1989. 514 p. Tradução de Hélio Auro Gouveia. Disponível em: [https://github.com/AlexGalhardo/Software-Engineering/blob/master/Book%20-%20CJ%20DATE%20Introducao%20A%20Sistemas%20de%20Banco%20de%20Da](https://github.com/AlexGalhardo/Software-Engineering/blob/master/Book%20-%20CJ%20DATE%20Introducao%20A%20Sistemas%20de%20Banco%20de%20Dados.pdf) dos.pdf. Acesso em: 04 maio 2024.

DABIT, Nader. React Native in Action: developing ios and android apps with javascript. Shelter Island: Manning, 2019. 321 p. Disponível em: <https://pdfcoffee.com/react-native-in-action-pdfdrivecom--pdf-free.html>. Acesso em: 25 maio 2024.

IFPE - Instituto Federal de Pernambuco. Apostila Guia ESP32. Recife: Ed. dos Autores, 2024. Disponível em: <repositorio.ifpe.edu.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/1285/Apostila%20Guia%20ESP32%20EBook.pdf?sequence=1> 2. Acesso em: 15 maio 2025.

LIMA, Edson Pinheiro de; LEZANA, Álvaro Guillermo Rojas. Desenvolvendo um Framework para Estudar a Ação Organizacional: das Competências ao Modelo Organizacional. 2004. 14 f. Tese (Doutorado) - Curso de Gestão e Produção, Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas, Universidade Federal de Santa Catarina, Curitiba, 2005. Cap. 7. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/gp/a/7b3dyswQthxzYFwQxNL86nk>. Acesso em: 26 maio 2024.

MEDINA, Bruno Eduardo. Internet das coisas em edifícios inteligentes: desenvolvimento de uma rede de sensores e atuadores sem fio para o controle de sistemas de climatização = Internet of things in smart buildings: development of a wireless sensor and actuator network aimed to control climatization systems. 2017. 1 recurso online (129 p.) Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação, Campinas, SP. Disponível em: <https://hdl.handle.net/20.500.12733/1632541>. Acesso em: 22 abr. 2024.

NODE.JS FOUNDATION. Node.js. [Software]. Disponível em: <https://nodejs.org/>. Acesso em: 1 nov. 2024.

STORARRI, João Filipe Montouro Estudo de impacto de ações de eficiência energética em instalações elétricas residenciais / João Filipe Montouro Storarri – Guaratinguetá : [s.n], 2014. 39 f. : il. Bibliografia : f. 39 Trabalho de Graduação em Engenharia Civil – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2014. Orientador: Prof. Dr. Daniel Julien Barros da Silva Sampaio
SCHROEDER R, Big Data: towards a more scientific social science and humanities? In: Graham M and Dutton WH (eds) Society and the Internet. Oxford: Oxford University Press, 2014.

TANENBAUM, A. S., Redes de computadores, Tradução da 4a Edição, Rio de Janeiro: Campus, 2003

ZHU, H. L. S. et al. Selective malaria antibody screening among eligible blood donors in Jiangsu, China. Rev Inst Med Trop, São Paulo, 2017.