

SISTEMA DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO PARA SALAS

João Gabriel Gouveia de Souza Brito

jggsb@discente.ifpe.edu.br

José Mário Alexandre de Melo Oliveira

josealexandre@recife.ifpe.edu.br

Marco Antônio de Oliveira Domingues

marcodomingues@recife.ifpe.edu.br

RESUMO

O objetivo do trabalho é mesclar a utilização de uma plataforma de microcontrolador programável com acesso a internet, implementando o conceito de IoT (Internet das Coisas), para automatizar as salas de aula bem como os dispositivos usados na mesma, no ambiente do IFPE (Instituto Federal de Pernambuco). O controlador atua em dispositivos da sala como iluminação, controlar o aparelho de ar-condicionado, verificar abertura e fechamento da porta da sala, controle de retroprojetor e ativação das tomadas. Esse dispositivo envia todos os dados coletados para um servidor, que fará o gestão dos dados e exibe ao usuário em forma de tabela em um site, como botões de controle.

Palavras-chave: Internet das Coisas; Microcontrolador; Automatizar; Salas de aula.

ABSTRACT

The objective of the work is to merge the use of a programmable microcontroller platform with internet access, implementing the concept of IoT (Internet of Things), to automate classrooms as well as the devices used in them, in the IFPE (Federal Institute of Pernambuco) environment. The controller acts on devices in the room such as lighting, controlling the air conditioning unit, checking the opening and closing of the room door, controlling the overhead projector and activating the outlets. This device sends all the collected data to a server, which will manage the data and display it to the user in a table form on a website, such as control buttons.

Keywords: Internet of Things; Microcontroller; Automate; Classrooms.

1 INTRODUÇÃO

Na atualidade, com o avanço tecnológico e a busca por um uso mais eficiente e sustentável, percebe-se a necessidade de controle em ambientes, não apenas visando

o aproveitamento ideal dos recursos, ao observar o ambiente estudantil, é constatado que frequentemente ocorre no uso inadequado de equipamentos, resultando em um consumo descontrolado de energia, como o esquecimento de dispositivos ligados, luzes acesas desnecessariamente e o uso excessivo do aparelho de ar-condicionado esquecido ligado e podendo ficar até de um dia para o outro dessa forma. A automação nos ajuda a economizar trabalho humano, bem como aumentar a qualidade, exatidão e precisão dos processos, isso também contribui a poupar energia através da utilização eficiente e métodos inteligentes (Gupta; Gupta; Chhabra, 2015).

Antes do surgimento da Indústria 4.0 e o conceito de IoT, soluções como temporizadores, sensores de movimento, sensores de luz e interruptores programáveis eram utilizados para automatizar a ligação de iluminação e tomadas em salas. Essas soluções permitiam programar horários, detectar movimento e ajustar a intensidade da iluminação com base na luz ambiente. Embora não estivessem conectadas à internet, essas soluções forneciam automação básica para tornar a iluminação e o uso das tomadas mais eficientes, porém, sem controle ou visualização de consumo dos mesmos. Com o avanço das tecnologias, as soluções de automação se tornaram ainda mais avançadas e interconectadas.

Para abordar essa problemática, foi utilizado um dispositivo baseado em IoT, que em poucas palavras, nada mais é que uma extensão da internet atual, que proporciona aos objetos do dia-a-dia, conectarem-se à Internet (Santos et al., 2016). Nesse contexto, foi projetado um dispositivo que embarca sensores de presença, atuadores para controle de acionamento dos dispositivos elétricos como pontos de iluminação e tomadas, bem como um sistema de controle específico para o aparelho de ar-condicionado. Todos esses componentes serão interconectados através da internet, protocolos bem conhecidos como TCP (*Transmission Control Protocol*), permitindo o monitoramento dos equipamentos presentes na sala de aula.

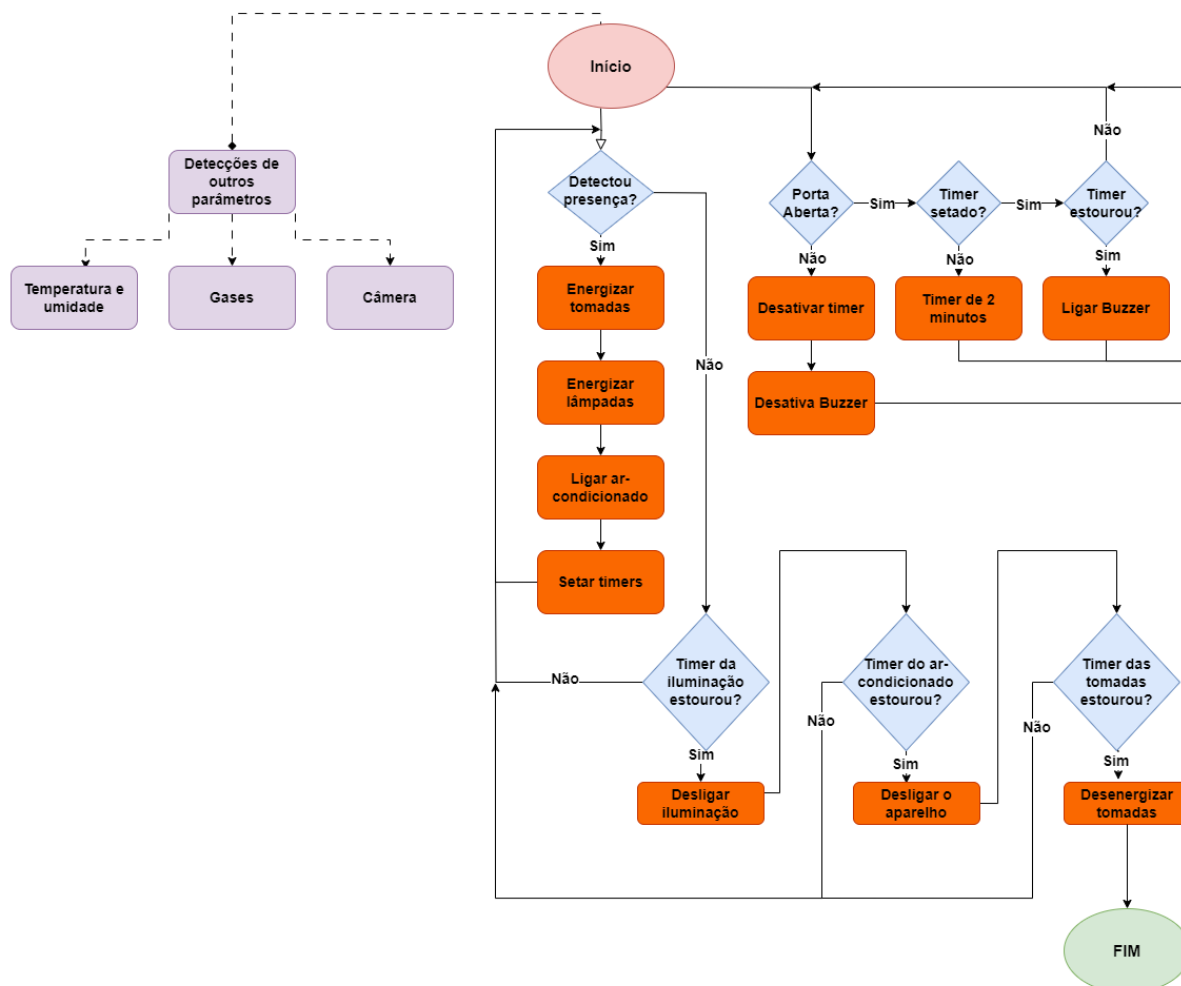
Através desse dispositivo, é possível obter um maior controle e gestão eficiente dos recursos energéticos utilizados nas salas de aula. Os sensores de presença identificam a presença de pessoas na sala, acionando o desligamento automático das luzes, tomadas e aparelho de ar-condicionado, evitando assim o desperdício de energia. Além disso, o sistema pode ser acessado remotamente, permitindo que os professores e funcionários da instituição monitorem o uso da sala e consumo de energia em tempo real, auxiliando na conscientização e tomada de medidas para a utilização mais sustentável dos recursos.

Dessa forma, o presente trabalho tem como objetivo a construção e programação de um dispositivo IoT para otimizar o uso de energia nas salas de aula, aquisição de medidas como corrente, temperatura e umidade, que podem ser usadas futuramente para análises de qualidade de ambiente e manutenção preditiva do aparelho de ar-condicionado, como a visualização do uso do ambiente em tempo real. Serão realizados testes para avaliar a eficácia do dispositivo, verificando se os resultados obtidos são suficientes para uma possível implantação ou se serão necessários ajustes adicionais, a fim de obter um protótipo viável em ambiente de testes e que contribua para uma gestão mais sustentável dos recursos energéticos disponíveis, por meio da integração dessa tecnologia.

Na Figura 1 a seguir, o funcionamento básico do que o hardware faz no ambi-

ente proposto de controle, evidenciando os pontos de verificação (em losango) vem de respostas de sensores, e as ações tomadas após essas verificações funcionando de forma intermitente.

Figura 1 - Fluxograma



Fonte: Autor (2023)

Este artigo está organizado da seguinte forma: na seção 2, apresentamos a fundamentação teórica que sustenta este estudo e mostra o objetivo geral, em seguida, na seção 3, discutimos os trabalhos relacionados que contextualizam a abordagem empregada. Na seção 4, é detalhado a metodologia adotada, enquanto na seção 5 é exposto uma visão geral dos componentes e implementações necessárias ao protótipo. Os testes e resultados são discutidos na seção 6, onde também são vistos não só a modelagem de implantação, de como o sistema funciona, como também é visto a modelagem do hardware e protótipo. E chegando na finalização na seção 7, conclusão, que resume os resultados e aponta para futuras direções.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A automação desempenha um papel fundamental no controle e gerenciamento de processos em diversos setores, incluindo a indústria, o comércio e até mesmo em

nossas residências. Com o avanço tecnológico e a crescente adoção da Internet das Coisas e da Indústria 4.0, surge uma nova perspectiva para a aplicação de soluções tecnológicas inovadoras em nosso cotidiano.

Nesse contexto, o presente trabalho concentrou-se na automação e controle de uma sala de aula, da integração de microcontroladores, sensores, atuadores e componentes eletrônicos específicos, possibilitando a criação de um sistema inteligente capaz de interconectar esses dispositivos de forma transparente.

Uma das principais funcionalidades desse sistema é a detecção de presença na sala de aula por meio de sensores, permitindo o desligamento automático dos dispositivos quando não há pessoas presentes por um determinado período de tempo. Essa abordagem tem potencial significativo para reduzir o desperdício de energia, tornando o ambiente mais sustentável (Dias; Martignago, 2012). Em resumo, a otimização do consumo será obtido através do controle de iluminação e temperatura com base na ocupação em tempo real e o cronograma de utilização programado (Gupta; Gupta; Chhabra, 2015).

Além disso, o dispositivo estabelece uma comunicação com um servidor por meio do protocolo TCP (Transmission Control Protocol), enviando dados em formato POST, que é o método de requisição de dados, que contém todas as variáveis relevantes do sistema. Essas informações podem ser acessadas e controladas por meio de uma *interface* Web intuitiva, tornando de fácil visualização e usabilidade, fornecendo dados em tempo real e permitindo monitoramento remoto.

Para o trabalho, foram utilizados para o hardware o microcontrolador ESP8266 E-12, sensores de presença passivos, módulos de *relés* de estado sólido para acionamento, emissor de infravermelho, reguladores de tensão, e pequenos componentes para interfaceamento entre os dispositivos como resistores, diodos e transistores.

3 TRABALHOS RELACIONADOS

Foram pesquisados trabalhos no mesmo contexto, seguindo o mesmo intuito de automatização voltado para sala de aula e seus componentes, seguem alguns trabalhos relacionados.

Em Camargos et al. (2022) é visto um projeto para um produto educacional, uma solução baseada em maquete de uma casa com o sensoriamento dos ambientes como sensor de presença, umidade e temperatura, e atuadores para acionamento de cortina, bombas, resistência elétrica para aquecimento, portão da garagem e iluminações em geral. Esse projeto é focado para demonstração educacional da domótica e controle via smartphone.

Em Fornazari e Borges (2016), foi utilizado uma solução com o CLP (Controlador Lógico Programável) da Siemens S7 200, para automatização de salas de aulas, e seu estudo está voltado ao monitoramento e controle da eletricidade com uso de sensores de corrente e sensores de presença para verificar o uso da sala, junto com um sistema supervisor para a visualização do uso da sala por sua IHM (*Interface Homem Máquina*) e contactores para acionar a iluminação e energizar as tomadas.

Em Bruno et al. (2019), teve uma implementação de dois microcontroladores, um

para energizar a iluminação e outro para acionar o aparelho de ar-condicionado, além de um raspberry pi para atuar como servidor e banco de dados dos valores recebidos pela sensor de corrente no ar-condicionado. O sistema funciona por comandos remotos para energizar ou automaticamente por horário específico tendo como premissa um projeto de baixo custo.

Segundo Prestes, Andreotti e Sanchez (2016), foi utilizado um sistema de controle sem fio via ZigBee e um microcontrolador Tiva¹ para automatização da iluminação, cortinas e acionamento de projetor de uma sala de aula, junto ao sistema foi implementado um servidor na rede interna da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, onde foi implementado em PHP e disponibilizada uma *interface* Web para visualização e controle.

No contexto de Alves e Marcacini (2019), o projeto feito em maquete, que simula uma sala de aula, utilizou um sistema microcontrolado com Nodemcu o qual faz a automação da iluminação e do aparelho ar-condicionado e RFID para acesso a sala de aula e fazer as chamadas de presença dos alunos. Todo o sistema é controlado apenas por smartphone, mostrando uma *interface* para acionamento e visualização dos componentes, além da lista de chamada dos alunos.

Conforme Lim et al. (2017), foi feito um trabalho baseado em visão computacional, onde foi utilizado uma câmera e um computador com Machining Learnig e algoritmos como Eigenfaces e Fisherfaces, utilizado para reconhecimento facial, análise de movimento o qual faz o reconhecimento corpóreo do indivíduo, e aplicados no contexto de classe de aula, obtém os resultados que identificam a concentração dos alunos na aula ou se os mesmo estão de saída.

De acordo com Ani et al. (2018), demonstra uma pesquisa com visão computacional que tem o uso de câmera, computador e arduino. Usando o OpenCV, programa de Machining Learn, usa um algoritmo de detecção de pessoas e faz a automação da iluminação e de aparelhos de ventilação baseado na posição e quantidade de pessoas na sala, o computador envia as informações ao arduino conectado a ele fisicamente, e o microcontrolador faz o chaveamento dos componentes.

4 METODOLOGIA

No contexto da gestão inteligente de consumo de energia em ambientes educacionais prevista neste projeto, seguimos as seguintes etapas metodológicas:

4.1 Escopo

Nesta etapa, foram definidos os objetivos do projeto, identificando as principais funcionalidades do sistema e as variáveis relevantes que seriam monitoradas. Foi estabelecido que o sistema seria capaz de controlar o acionamento das luzes, e do aparelho ar-condicionado com base na detecção de presença na sala. Além disso, o sistema emitiria alertas sonoros quando a porta estivesse aberta e disponibilizaria

¹INSTRUMENTS, Texas. **Tiva™ TM4C123GH6PM Microcontroller**. [S.l.: s.n.], 2014. Disponível em: <https://www.ti.com/lit/ds/symlink/tm4c123gh6pm.pdf?ts=169115301554>. Acesso em: 04 de Agosto de 2023

informações em tempo real através de uma *interface Web*. A viabilidade do sistema foi testada em laboratório e softwares de simulação, verificando não só acionamentos, mas também recepção de sinais, interfaceamento entre os componentes eletrônicos e estabilidade do firmware feito para o protótipo.

Foi estabelecido a sala para testes depois de verificar o local mais apropriado ao laboratório, a quantidade de usuários utilizam, e a frequência do uso, assim como possibilidade de verificações constantes pela proximidade do laboratório de testes.

4.2 Revisão da literatura

Antes de iniciar o desenvolvimento do protótipo, uma revisão da literatura foi realizada para identificar trabalhos relacionados à automação de sala de aula e gerenciamento de energia em ambientes educacionais. A pesquisa bibliográfica revelou os métodos utilizados em projetos semelhantes, bem como as tecnologias e componentes utilizados.

Em pesquisas anteriores, foram identificadas diferentes estratégias para automatizar o controle de dispositivos elétricos em salas de aula. Alguns trabalhos utilizaram maquetes ou protótipos para simular o sensoriamento de ambientes e testar a eficácia das soluções propostas, visto também em muitas delas, o foco acabou sendo voltado a utilização de cartões RFID para saber a presença e assim fazer a chamada, porém tendo em vista que se o aluno esquecer, o mesmo não fara a chamada automatizada.

Também foi visto a utilização de um CLP para automatizar o ambiente, porém o mesmo, por essa razão não conseguia automatizar o aparelho de ar-condicionado, não conseguia verificar se a porta esta aberta ou ter conexão com a internet para visualização remota, mas contava com um sistema supervisorio para esse fim.

Outras investigações se concentraram na utilização de sensores de presença e sistemas de *relés* para acionar dispositivos elétricos com base na detecção de movimento no ambiente. Essas abordagens demonstraram ser eficientes em economizar energia, desligando automaticamente luzes e aparelhos quando não há pessoas presentes no ambiente, muito utilizado em locais de passagem como halls de prédios e banheiros.

Além disso, estudos têm explorado a integração de tecnologias emergentes, como Internet das Coisas e automação residência, para criar ambientes de aprendizagem mais eficientes e sustentáveis. O uso de microcontroladores e sensores inteligentes permite o monitoramento em tempo real do consumo de energia e a implementação de estratégias de controle mais sofisticadas.

Também observado soluções com visão computacional podem ser utilizadas no contexto de automação da sala, para identificar a presença, quantidade e movimentação dos alunos na sala de aula, o qual existe uma relevância para um aprofundamento e uso futuro, visto que atuaria como um sensor de presença ativo, baseado em estado atual da sala com um algoritmo de detecção de pessoas, facilitando não só a detecção de presença, mas também a quantidade favorecendo a automatização da climatização do ambiente.

No entanto, é importante notar que muitos desses trabalhos oferecem soluções específicas para o contexto em que foram desenvolvidos. Portanto, espaço para novas

abordagens e inovações que levem em consideração as necessidades e características da sala de aula em diferentes ambientes educacionais, bem como o uso de novos sensores e outros pontos que podem ser automatizados ou usados para tornar o ambiente mais controlado.

Existiu uma etapa para pesquisa de hardware onde foram selecionados os componentes de hardware que seriam utilizados no protótipo do sistema. Os componentes escolhidos incluíram o microcontrolador, sensores de presença passivos, módulos de relés de estado sólido, sensor de porta, emissor de infravermelho, reguladores de tensão e outros componentes para interfaceamento entre os dispositivos que serão vistos mais a frente de forma detalhada.

Para atingir os resultados, foi elaborado um cronograma de atividades para orientar o desenvolvimento do projeto. O cronograma inclui as fases de projeto, montagem do hardware, programação do firmware, teste e validação do protótipo em local próprio para determinar usabilidade.

As etapas foram seguidas durante todo o desenvolvimento do projeto para garantir que as atividades sejam realizadas dentro do tempo estipulado.

5 VISÃO GERAL DO PROTÓTIPO

Durante a etapa de referenciamento dos componentes, foram pesquisados vários tipos de componentes, e destes foram escolhidos os mais viáveis e com melhor usabilidade no contexto do IoT e controle para os objetivos propostos

5.1 Microcontrolador

O microcontrolador será um dos dispositivos mais importantes do projeto, pois ele irá interpretar os sinais enviados pelos sensores e assim controlar a energização da sala, a refrigeração e os sinais de alerta. Sendo assim o Nodemcu V3 Lolin que possui Tensilica L106 32-bit RISC e frequência do clock podendo ser de até 160 MHz. Vale ressaltar, que ele é um dispositivo para projetos de IoT por sua capacidade de se conectar a outros componentes por suas portas digitais e a internet via WiFi. Além disso, Toda placa Nodemcu já tem um regulador de 3,3V, um chip de interface Serial-USB, um conector micro-USB, um LED e botões de *RESET* (EN) e de *LOAD* (BOOT). Também Pode ser usada de forma similar a placa Arduino (Espressif, 2020).

5.2 Sensor de presença passivo

Os sensores de presença tem a função de identificar a presença ou ausência de indivíduos nos recintos e dessa maneira mandar essas informações para o microcontrolador que executará comandos a partir dessa informação. Nesse projeto utilizaremos o sensor de infravermelho passivo IVP 3000 CF que foi desenvolvido pela Intelbras com tecnologia 100% digital. O IVP 3000 CF possui sensor de temperatura integrado para oferecer a mesma sensibilidade de detecção em ampla faixa de temperatura (de -10° a 50°) com reduzido risco de disparos falsos, proteção contra sabotagem magnética e tecnologia SMD, podendo ser instalado em qualquer central de alarme disponível no

mercado. Seu alcance é de 12m com cobertura angular de 115° e leva em torno de 3 segundos para acionar o *relé* (Intelbras, 2020).

5.3 Modulo de relés

O *Relé* de estado sólido é um *relé* que não usa componentes mecânicos como os tradicionais e sim semicondutores. Ele é um dispositivo de comutação eletrônica que liga ou desliga quando uma pequena tensão externa é aplicada através de seus terminais de controle. A grande vantagem desse componente é, além de não possuir partes mecânicas, contar com um isolamento elétrico que separa a entrada (parte que aciona) e o interruptor (parte acionada – chave) , assim podemos evitar a ocorrência de faíscas, corrente reversa, ruído, e outros problemas comuns nos sistemas mecânicos dos *relés* tradicionais. Esse modulo que será utilizado, o *relé* de estado sólido SSR 5VDC 2A G3MB-202P, é ideal para realizar um trabalho de alto nível, sem ocasionar desgaste de seus componentes mecânicos, pois é compatível com a maioria dos microcontroladores e aceita também em sua configuração a implementação da lógica TTL – sendo apropriado para aplicações IoT, em que se deseja acionar um dispositivo elétrico externo (Omron, 2020).

5.4 Regulador de tensão

O DC-DC no modo Step Down módulo de alimentação ou o módulo mini 360 DC-DC buck são produtos desenvolvidos para aplicação em projetos eletrônicos onde são necessárias diferentes tensões e correntes para acionamento de componentes eletrônicos. O módulo regulador de tensão, que contém o regulador LM2596, trabalha com tensões de entrada de 3.2V a 40V, oferecendo em suas saídas tensões de 1.5V a 35V que podem ser ajustadas conforme sua necessidade. Ele será utilizado para converter a tensão de entrada de 12V, fonte externa, para 5V, e assim alimentar alguns componentes da placa, como o *Buzzer* e o módulo NodeMCU (Instruments, 1999).

5.5 Buzzer

Buzzer ativo é um pequeno alto-falante destinado a emitir sinais sonoros a partir do fornecimento de 5V DC ao módulo, não necessita de nenhum componente externo para gerar sinal ou oscilação, basta alimentar com corrente contínua. O Buzzer é uma estrutura simplificada e integrada de transdutores eletrônicos, muito utilizado em alarmes, impressoras, computadores, projetos robóticos e domóticos (automação residencial), etc. A principal finalidade do componente ativo é a emissão de sinais sonoros como forma de alerta para que o operador fique informado que algo está ocorrendo. O acionamento ocorrerá por meio do microcontrolador Nodemcu, irá ser programado para quando a porta estiver aberta emitir um beep ao operador. Apesar da corrente fornecida pelo microcontrolador ser suficiente para acionar o *buzzer*, foi utilizado um transistor TJB (Transistor bipolar de junção) para amplificar à corrente e garantir um volume mais alto no componente e menos corrente do microcontrolador (Farnell, 2016).

5.6 Emissores de infravermelho

O led emissor infravermelho (IR) 5mm 940nm é um componente que funciona a partir da tecnologia infravermelha. Este LED emite um sinal IR que pode ser reconhecido por diversos receptores infravermelho e que trabalha com sinal auto programável que através de impulsos elétricos emitem ondas de luz que são detectadas por receptores infravermelhos. A faixa de luz infravermelha emitida pelo led não é perceptível ao olho humano. Foram utilizados dois leds IR para o controle do aparelho de ar-condicionado para espalhar mais o espectro da luz pelo ambiente e ter mais efetividade no controle.

5.7 Sensor de abertura/fechamento magnético

Os sensores de abertura são utilizados no sistema de alarme para detecção de abertura de porta. Funcionam através de um contato elétrico e um ímã. A função do ímã é manter o sensor acionado e, no caso de abertura de porta, há afastamento dos contatos, enviando imediatamente, no nosso sistema, um sinal para o servidor da Internet e o microcontrolador, que acionará um alarme sonoro depois de um determinado tempo.

5.8 Sensor de corrente não invasivo

O sensor de corrente escolhido é um TC (transformador de corrente), modelo SCT013-020, por ser não invasivo, não irá alterar na parte elétrica do ambiente tornando a utilização mais facilitada. O sensor escolhido foi o SCT013-020 que faz medições de corrente até 20A, e converte a leitura de 0 à 1V, podendo ser facilmente lido com o microcontrolador e usar técnicas de conversão como RMS(Root Mean Square). O seu uso no hardware é apenas para calcular a corrente do aparelho de ar-condicionado, mas os seus dados coletados podem ser usados para posterior análise (YHDC, 2015).

5.9 Servidor e integração

Foi criado um endpoint, '/sala.php', num servidor com a linguagem PHP, que segundo Converse e Park (2003), PHP é a melhor linguagem de criação de *scripts* para Web. O servidor foi implementado na rede do próprio IFPE, e foi feita adição da programação do *endpoint* citado para aquisição dos dados enviados pelo hardware já instalado no ambiente de sala, enviados pelo Nodemcu, que a cada 1 segundo é atualizado na tabela criada no banco dados, modificando exatamente os valores os quais foram alterados desde o envio anterior.

O banco de dados usado foi o MySQL, conforme Milani (2007), o MySQL é um banco de dados complexo, robusto e extremamente rápido. Incluído também no mesmo servidor foi criada uma página para mostrar uma tabela com os dados recebidos da sala específica e garantir a visualização dos resultados.

6 TESTES E RESULTADOS

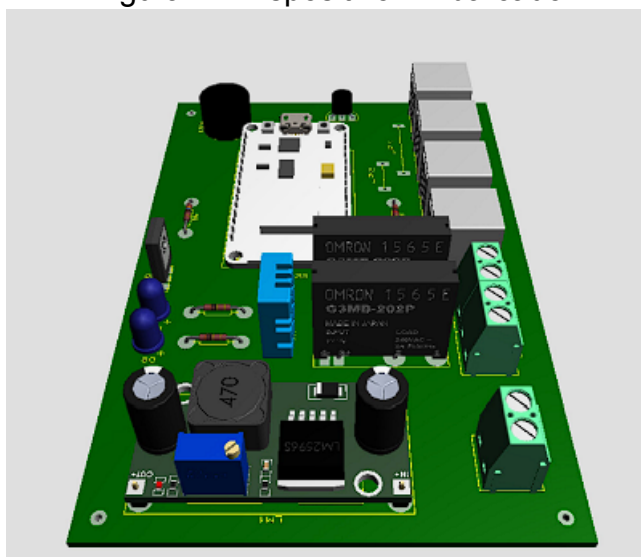
Com a definição dos componentes de hardware e software propostos, e configurado o servidor para receber os dados provenientes da sala, foi finalizado a placa embarcada com todos os componentes assim como seu firmware. Os testes foram feitos em bancada, inicialmente, para verificar a integração de todos os componentes eletrônicos e sensores com o microcontrolador, além de verificar a resposta do mesmo aos sensores e os acionamentos previstos, segundo a programação. Diante dos testes de bancada, foi feito um teste de conectividade com a internet e de estabilidade para garantir que todos os dados foram passados ao servidor.

Todos os ajustes dos componentes eletrônicos foram revisados e finalizados, para poder iniciar o desenho e confecção da placa embarcada. Após essa etapa, foi finalizada a confecção do sistema embarcado, e seu protótipo concluído e preparado para sua validação em sala de aula.

6.1 Modelagem 3D do hardware

A Figura 2 mostra o protótipo de hardware proposto utilizando os componentes já citados anteriormente, utilizando não apenas os sensores e atuadores do sistema como transistores, resistores e capacitores necessários para a integração entre os componentes do sistema.

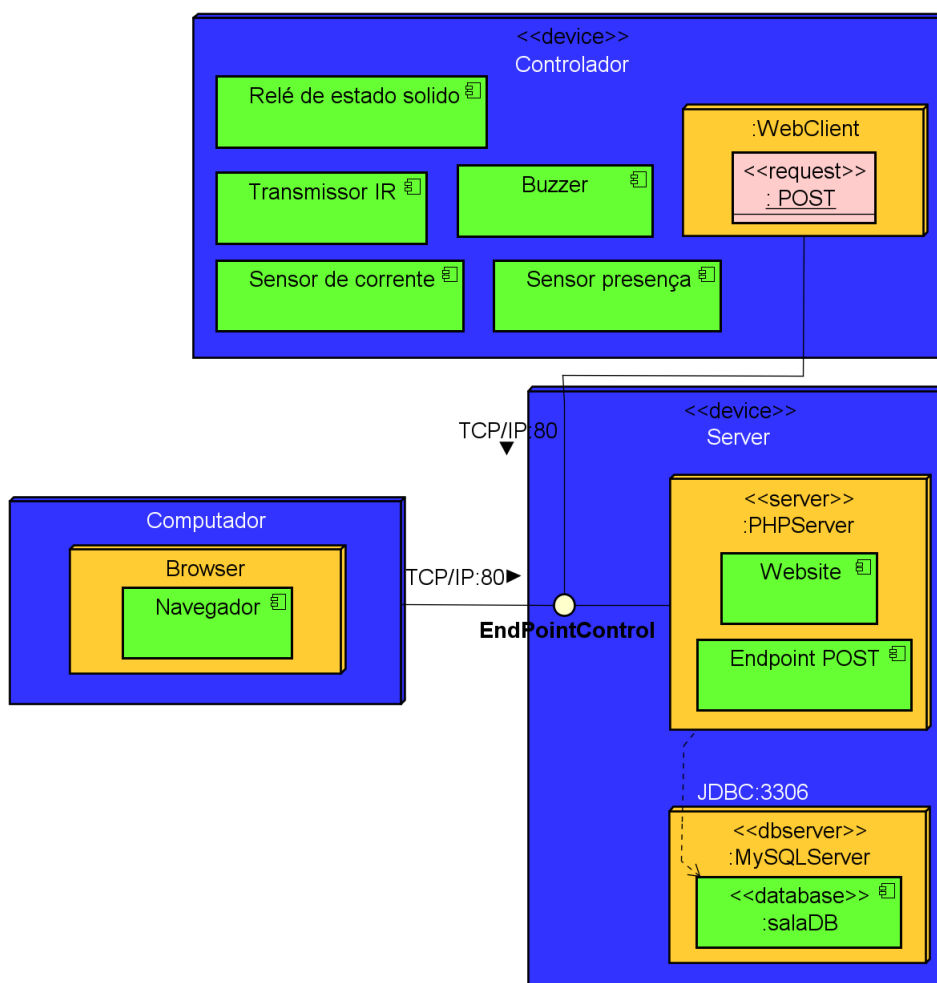
Figura 2 - Dispositivo Embarcado



Fonte: Autor (2023)

A Figura 3 mostra o diagrama de implantação do protótipo, como ele interage com o ambiente através dos sensores e como tem sua interação com o servidor, tendo uma visão mais macro de todo projeto e como foi implementado, como a comunicação das partes entre si.

Figura 3 - Diagrama de Implantação



Fonte: Autor (2023)

6.2 Implantação do hardware

Inicialmente, o projeto conta com o hardware na Figura 2, com o funcionamento já exibido previamente, contando com 2 sensores de presença, intervenção no quadro elétrico da sala fazer a implantação de um contactor comandado pelo relé de estado sólido da placa controladora, visto que o sistema também irá intervir nas tomadas da sala, necessita de um dispositivo de chaveamento da força que ficaria pelo uso do contactor.

A Figura 4 demonstra a implantação do protótipo no ambiente, que ficou em uso por 3 meses dentro de uma das salas de aula, todas suas variáveis foram observadas remotamente pela plataforma Web, e presencialmente funcionou de acordo com os objetivos destacados, como controle de iluminação, energia nas tomadas, ligar e desligar o ar-condicionado e aviso sonoro de porta aberta. Porém, a longo prazo, necessita de algumas melhorias, mais por parte do sensoriamento usado. Toda ideia inicial foi realizada, e indicações para melhorias posteriores foram constatadas, para melhorias tanto de firmware quanto de hardware.

Figura 4 - Protótipo



Fonte: Autor (2023)

O ponto principal encontrado foi que o sensor de presença é passivo, ou seja, ele identifica uma variação de temperatura no ambiente que ele se encontra em uma determinada posição, então numa sala, inicialmente ele funciona corretamente, porém se o usuário continuar no local, parado, ele irá se acostumar com a temperatura do usuário e não atua mais para o hardware a não ser que o usuário se mexa de seu local, causando assim um ajuste de tempo no firmware do sistema para ligar ou desligar os componentes da sala o qual foi colocado, para, por exemplo, não desligar algo de forma precipitada pelo funcionamento passivo do sensor. Toda parte de código foi ajustada para o sensor empregado dando um tempo resposta ao não sinal de pessoas dentro do ambiente pelo sensor, sendo um como o caso citado anteriormente de costume a temperatura dos usuários no local.

Na Figura 5 é demonstrado o resultado do projeto que estava em conformidade com os requisitos da automação que foram planejados, e demonstrados em tabela na página da Web, assim podendo ser vistos de forma normal os status de cada item o qual o hardware desenvolvido está controlando e sensoriando no ambiente.

Figura 5 - Página de status
Tela de Status de Salas

ID	Sala	Tomadas	Luzes	AC1	AC2	Porta
1	A-44	LIGADA	LIGADA	LIGADO	Não Existe	ABERTA

ID	Sala	Tomadas	Luzes	AC1	AC2	Porta
1	A-44	DESLIGADA	DESLIGADA	DESLIGADO	Não Existe	FECHADA

Fonte: Autor (2023)

Logo na Figura 6 é demonstrado a estrutura da tabela do banco de dados MySQL, assim como é feito a pesquisa no mesmo e evidenciado o conteúdo da tabela com as informações passadas pelo hardware implantado no ambiente.

Figura 6 - Banco de dados

```

root@dubhe: /home/servidor/html
mysql> desc salas;
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| Field | Type          | Null | Key | Default | Extra          |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| id    | int(11)       | NO   | PRI | NULL    | auto_increment |
| ip    | varchar(100)  | YES  |     | NULL    |                |
| sala  | varchar(200)  | YES  |     | NULL    |                |
| tomadas | varchar(100) | YES  |     | NULL    |                |
| luzes | varchar(100)  | YES  |     | NULL    |                |
| ar1   | varchar(100)  | YES  |     | NULL    |                |
| ar2   | varchar(100)  | YES  |     | NULL    |                |
| porta | varchar(100)  | YES  |     | NULL    |                |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
8 rows in set (0.01 sec)

mysql> select * from salas;
+----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| id | ip          | sala | tomadas | luzes | ar1   | ar2   | porta |
+----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| 1  | 192.168.132.140 | A-44 | LIGADA  | LIGADA | LIGADO | Não Existe | FECHADA |
+----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
1 row in set (0.01 sec)

mysql>

```

Fonte: Autor (2023)

7 CONCLUSÃO

Este projeto demonstrou desenvolvimento e utilização tanto no protótipo construído quanto no firmware implementado, alcançando o objetivo principal de evitar desperdícios de energia elétrica e promover a conscientização sobre o consumo diário dessa energia. Além disso, o sistema permite a visualização das variáveis por meio de um servidor na internet, constatando que através da integração de tecnologias avançadas, como IoT e automação, é possível criar um ambiente de aprendizado mais eficiente e responsável, impulsionando a adoção de práticas sustentáveis no contexto educacional.

O trabalho foi executado conforme o planejado, embora existam pontos identificados que podem ser aprimorados, podendo ser abordados em trabalhos futuros já na utilização de outros sensores, câmera para identificação de pessoas, ou mesmo ampliação do raio de captação de pessoas com mais sensores de presença. O sistema demonstrou sua capacidade de ligar/desligar os aparelhos de ar-condicionado, controlar a energia nas lâmpadas e tomadas de acordo com a detecção de presença e emitir alertas sonoros para indicar a porta aberta, evitando o desperdício de energia do condicionador de ar por perda de temperatura do ambiente.

No geral, esse projeto representa um avanço na busca por um ambiente mais eficiente e controlado em salas de aula. Ao combinar automação, controle de energia e uso eficiente de recursos, podemos contribuir para a redução do consumo desnecessário de energia elétrica e incentivar práticas mais responsáveis. Com as melhorias identificadas e futuras implementações, esse sistema tem o potencial de ser amplamente adotado, proporcionando benefícios tanto ambientais quanto econômicos.

REFERÊNCIAS

ALVES, Hélder Cout; MARCACINI, Renato Gomes. **Automação de sala de aula do Centro Universitário de Votuporanga**. São Paulo: Centro Univesitário de Votuporanga - UNIFEV, 2019.

ANI, R. et al. **An Approach Towards Building an IoT Based Smart Classroom**. Índia: IEEE, 2018. P. 2098–2102. DOI: 10.1109/ICACCI.2018.8554869.

BRUNO, Gustavo Pereira et al. **Automação de uma sala de aula: Um projeto de baixo custo**. v. 1. Paraíba: CBA, 2019.

CAMARGOS, Ana Flávia Peixoto de et al. Produto educacional: automação residencial com uso de Arduino e IoT. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 6, e8311628882–e8311628882, 2022.

CONVERSE, Tim; PARK, Joyce. **PHP: a bíblia**. [S.l.]: Gulf Professional Publishing, 2003.

DIAS, Bartira Soldera; MARTIGNAGO, Célio Simão. Automação-desenvolvimento econômico-sustentabilidade e transnacionalidade. **Revista Eletrônica Direito e Política**, v. 7, n. 3, p. 1652–1678, 2012.

ESPRESSIF. **ESP8266EX Datasheet**. [S.l.: s.n.], 2020. Disponível em: https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/0a-esp8266ex_datasheet_en.pdf. Acesso em: 07 de Junho de 2023.

FARNELL. **Buzzer**. [S.l.: s.n.], 2016. Disponível em: <https://www.farnell.com/datasheets/2171929.pdf>. Acesso em: 29 de Junho de 2023.

FORNAZARI, Ednilson; BORGES, Fábio Galvão. **Automação e controle do consumo de energia elétrica em blocos de salas de aulas em universidades públicas, buscando a eficiência energética**. 2016. B.S. thesis – Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

GUPTA, Anisha; GUPTA, Punit; CHHABRA, Jasmeet. **IoT based power efficient system design using automation for classrooms**. [S.l.]: IEEE, 2015. P. 285–289. DOI: 10.1109/ICIIP.2015.7414782.

INSTRUMENTS, Texas. **LM2596 SIMPLE SWITCHER® Power Converter 150-kHz 3-A Step-Down Voltage Regulator**. [S.l.: s.n.], 1999. Disponível em: <https://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm2596.pdf>. Acesso em: 29 de Junho de 2023.

_____. **Tiva™ TM4C123GH6PM Microcontroller**. [S.l.: s.n.], 2014. Disponível em: <https://www.ti.com/lit/ds/symlink/tm4c123gh6pm.pdf?ts=169115301554>. Acesso em: 04 de Agosto de 2023.

INTELBRAS. **IVP 3000 CF - Sensor de movimento infravermelho passivo**. São Paulo: Intelbras, 2020. Disponível em: <https://backend.intelbras.com/sites/default/files/2020-08/datasheet-IVP-3000-CF-v2.pdf>. Acesso em: 07 de Junho de 2023.

LIM, Jian Han et al. **Automated classroom monitoring with connected visioning system**. Malásia: APSIPA, 2017. P. 386–393. DOI: 10.1109/APSIPA.2017.8282063.

MILANI, André. **MySQL-guia do programador**. [S.l.]: Novatec Editora, 2007.

OMRON. **Solid-state Relay G3MB**. [S.l.: s.n.], 2020. Disponível em: <https://www.omron-russia.com/doc/relay/ssr/g3mb.pdf>. Acesso em: 29 de Junho de 2023.

PRESTES, Cleber dos Santos; ANDREOTTI, Guilherme Emerick; SANCHEZ, Leandro. **Implementação de um sistema de automação sem fio em uma sala de aula**. [S.l.: s.n.], 2016.

SANTOS, Bruno P. et al. **Internet das Coisas: da Teoria à Prática**. [S.l.: s.n.], 2016. P. 1–50.

YHDC. **Split core current transformer**. [S.l.]: YHDC, 2015. Disponível em: <https://en.yhdc.com/comp/file/download.do?id=945>. Acesso em: 29 de Junho de 2023.