



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CAMPUS DE RUSSAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

CAMILA FERNANDA LEITE DE JESUS

**ANÁLISE DE PRESENÇA EM AMBIENTES INTERNOS UTILIZANDO ARDUINO E
SENSOR POR RADAR**

RUSSAS

2026

CAMILA FERNANDA LEITE DE JESUS

ANÁLISE DE PRESENÇA EM AMBIENTES INTERNOS UTILIZANDO ARDUINO E
SENSOR POR RADAR

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Graduação em Ciência da Computação
do Campus de Russas da Universidade Federal
do Ceará, como requisito parcial à obtenção do
grau de bacharel em Ciência da Computação.

Orientador: Prof. Dr. Reuber Regis de
Melo.

RUSSAS

2026

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

J56a Jesus, Camila Fernanda Leite de.
Análise de presença em ambientes internos utilizando arduino e sensor por radar / Camila Fernanda Leite de Jesus. – 2026.
36 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal do Ceará, Campus de Russas, Curso de Ciência da Computação, Russas, 2026.
Orientação: Prof. Dr. Reuber Régis de Melo.

1. Data Logger. 2. Sensor de Presença. 3. Sala de Aula. I. Título.

CDD 005

CAMILA FERNANDA LEITE DE JESUS

ANÁLISE DE PRESENÇA EM AMBIENTES INTERNOS UTILIZANDO ARDUINO E
SENSOR POR RADAR

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Ciência da Computação do Campus de Russas da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do grau de bacharel em Ciência da Computação.

Aprovada em: 26/01/2026.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Reuber Regis de Melo (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Pablo Luiz Braga Soares
Universidade Federal do Ceará (UFC))

Prof. Dr. Cenez Araújo de Rezende
Universidade Federal do Ceará (UFC)

RESUMO

A identificação da presença de pessoas em ambientes internos é um fator relevante para a gestão eficiente de recursos em espaços acadêmicos, especialmente no que diz respeito ao uso racional de energia e à otimização de rotinas operacionais. Neste contexto, este trabalho propõe o desenvolvimento e a avaliação de um sistema embarcado para monitoramento de presença em salas de aula, utilizando um microcontrolador Arduino Uno integrado a um sensor de movimento por radar e a um módulo Data Logger com cartão microSD para armazenamento dos registros de data e hora das detecções. A metodologia adotada envolveu o levantamento das necessidades junto à equipe da portaria do Campus Russas da Universidade Federal do Ceará, o desenvolvimento do protótipo eletrônico, a simulação inicial do sistema em ambiente virtual e, posteriormente, a implementação física e os testes em uma sala de aula real durante três dias de coleta. Os dados registrados foram analisados com o objetivo de identificar padrões de movimentação ao longo dos horários previstos de aula, permitindo a comparação entre ocupação real e ocupação planejada. Os resultados demonstraram que o sistema é capaz de identificar períodos de ocupação efetiva, bem como situações de falsa ocupação, nas quais o ambiente é considerado ocupado mesmo sem a presença de pessoas. A partir da análise dos padrões observados, foi possível propor uma estratégia de controle inteligente para o acionamento e desligamento de aparelhos de ar-condicionado, visando à redução do desperdício energético. Dessa forma, o trabalho contribui para o desenvolvimento de soluções de monitoramento aplicadas a ambientes internos e apresenta potencial para integração futura com sistemas de automação predial e campus inteligente.

Palavras-chave: dataLogger; sensor de presença; sala de aula

ABSTRACT

The identification of human presence in indoor environments is a relevant factor for the efficient management of resources in academic spaces, especially with regard to the rational use of energy and the optimization of operational routines. In this context, this work proposes the development and evaluation of an embedded system for presence monitoring in classrooms, using an Arduino Uno microcontroller integrated with a radar-based motion sensor and a Data Logger module with a microSD card for storing date and time records of detections. The adopted methodology involved surveying the requirements together with the staff of the gatehouse of the Russas Campus of the Federal University of Ceará, the development of the electronic prototype, the initial simulation of the system in a virtual environment, and subsequently the physical implementation and testing in a real classroom during three days of data collection. The recorded data were analyzed with the aim of identifying movement patterns throughout the scheduled class hours, allowing a comparison between actual occupancy and planned occupancy. The results demonstrated that the system is capable of identifying periods of effective occupancy, as well as situations of false occupancy, in which the environment is considered occupied even in the absence of people. Based on the analysis of the observed patterns, it was possible to propose an intelligent control strategy for the activation and deactivation of air-conditioning units, aiming to reduce energy waste. Thus, this work contributes to the development of monitoring solutions applied to indoor environments and presents potential for future integration with building automation systems and smart campus initiatives.

Keywords: dataLogger; presence sensor; classroom.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Arduíno Uno	13
Figura 2 – Data Logger	14
Figura 3 – Sensor de Radar	15
Figura 4 – Trabalhos Relacionados	17
Figura 5 – Visão Geral	19
Figura 6 – Fluxograma do funcionamento do sistema de leitura do sensor com RTC e gravação em cartão SD	20
Figura 7 – Simulação Virtual	21
Figura 8 – Protótipo	22
Figura 9 – Protótipo	22
Figura 10 – Protótipo	23
Figura 11 – Mapa de Aula	24
Figura 12 – Gráfico 1	26
Figura 13 – Gráfico 2	26
Figura 14 – Gráfico 3	27
Figura 15 – Gráficos 4, 5, 6 e 7	28

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CPU	Central Processing Units
PIR	<i>Passive Infrared</i>
RAM	Random Access Memory
ROM	Read Only Memory
RTC	<i>Real Time Clock</i>

LISTA DE SÍMBOLOS

<i>A</i>	Ampere
<i>V</i>	Voltz
<i>KWh</i>	Quilowatt-hora

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
1.1	Motivação e Justificativa	10
1.2	Objetivos	11
1.2.1	<i>Objetivo Geral</i>	11
1.2.2	<i>Objetivos Específicos</i>	11
1.3	Divisão do trabalho	11
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	12
2.1	Sistemas Embarcados	12
2.1.1	<i>Microcontroladores</i>	12
2.1.2	<i>Data Logger</i>	13
2.1.3	<i>Sensores</i>	14
3	TRABALHOS RELACIONADOS	16
3.1	Projeto de automação de um ar-condicionado com arduino mediante sensor de presença	16
3.2	Alarme com ativação por sensor presencial e alerta via SMS	16
3.3	Estudo da Importância do gerenciamento e conservação de energia através da implantação de sensor de presença	17
3.4	Relação entre os trabalhos	17
4	METODOLOGIA	18
4.1	Levantamento de Dados	18
4.2	Visão Geral da Proposta	18
4.3	Materiais e Métodos	19
4.4	Simulação Virtual do Projeto	20
4.5	Implementação e Testes	21
5	RESULTADOS	25
5.1	Comportamento geral dos movimentos em sala de aula	25
5.2	Comparativo de movimentos nos inícios dos horários de aula	27
5.3	Estratégia de Controle do Ar-Condicionado	28
6	CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS	30
	REFERÊNCIAS	32

APÊNDICE A –CÓDIGO FONTE	33
---	-----------

1 INTRODUÇÃO

Com o avanço da tecnologia e da humanidade, a automação de processos está cada vez mais presente no cotidiano. Responsável por desempenhar uma melhoria fundamental na produtividade, a automação consiste na substituição de atividades manuais repetitivas por sistemas que realizarão a mesma função. Este recurso está presente em diversas áreas, como a indústria, saúde e até agricultura.

A evolução da tecnologia possibilita o desenvolvimento de inúmeras aplicações, dentre elas, é possível destacar as que são voltadas para automação de ambiente, que fazem controle da temperatura, iluminação, sonoridade e etc. Desse modo, se torna possível observar e controlar os objetos e o ambiente à distância, sem necessidade de intervenção humana Leite (2023).

Nos últimos anos a tecnologia tem se feito útil para a melhoria na gestão de processos em Repartições Públicas. Dentre as inúmeras atividades que vêm sendo otimizadas, é possível citar o gerenciamento de bens, o atendimento ao público, a segurança entre outros. Como exemplo, é possível citar o trabalho de Melo (2024), que realizou uma pesquisa sobre a análise da ocupação em tempo real de ambientes de serviços públicos, visando reduzir a aglomeração.

Dentro das universidades, existem diversos processos administrativos realizados por humanos, como a gestão do espaço físico, monitoramento do ambiente, controle de patrimônios entre outros como afirma Esteves e Falcoski (2013). Analisando o avanço da tecnologia, vemos que esses processos podem ser otimizados via automatização Venceslau *et al.* (2021).

1.1 Motivação e Justificativa

De acordo com o funcionário entrevistado que trabalha na portaria da Universidade Federal do Ceará - Campus Russas, os colaboradores deste setor são responsáveis por realizar a manutenção das salas baseando-se na presença dos alunos, sendo responsáveis por ligar e delisgar os ar-condicionados e abrir e fechar as portas. A cada duas horas - duração das aulas - um servidor passa nas salas para tais atividades, seguindo uma planilha que indica onde haverá aula e quais salas estarão vazias.

Tendo em vista que a organização atual, a planilha não garante a confirmação real de pessoas presentes no ambiente, considerando possíveis mudanças de última hora, o que pode ocasionar deslocamentos desnecessários por parte dos porteiros. Desse modo, é emergente o

desenvolvimento de estudos aplicados neste trabalho que resultem na melhoria das ocupações dos funcionários da portaria, na redução da chance de um desperdício energético, além de corroborar no avanço de técnicas de automação por meio do uso da internet das coisas.

1.2 Objetivos

1.2.1 *Objetivo Geral*

Realizar um estudo sobre a detecção de presença de pessoas em salas de aula, analisando padrões de ocupação e sua aplicação na otimização do uso de recursos energéticos.

1.2.2 *Objetivos Específicos*

- Entrevistar os funcionários da portaria para entender como funciona a dinâmica de gestão das salas de aula;
- Desenvolver um protótipo capaz de detectar movimentos no ambiente de sala de aula e registrar data e hora por meio de um DataLogger;
- Realizar testes do protótipo desenvolvido em uma sala de aula;
- Coletar e apresentar resultados do protótipo desenvolvido
- Analisar os padrões de movimento em uma sala de aula a fim de propor sugestões de manuseio do ar-condicionado

1.3 Divisão do trabalho

Este capítulo descreve a maneira com que este trabalho foi organizado e dividido. No capítulo 2, encontra-se a fundamentação teórica, onde está explícito os conceitos teóricos estudados para a execução do protótipo apresentado. O capítulo apresenta as principais tecnologias e dispositivos utilizados neste trabalho. No capítulo 3, estão os trabalhos que possuem objetivos similares a esse. Nesse capítulo é realizado um resumo de cada trabalho e pontuado as semelhanças e diferenças com o presente trabalho. No capítulo 4 é apresentado a metodologia utilizada para realização deste trabalho, incluindo o levantamento de dados, a execução e os testes. O capítulo 5 conta com os resultados do uso do protótipo em uma sala de aula por três dias e por fim o 6 possui as conclusões finais do trabalho e possíveis pesquisas futuras.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo serão abordados os conceitos teóricos necessários para o entendimento das tecnologias utilizadas para o desenvolvimento da aplicação apresentada neste trabalho.

2.1 Sistemas Embarcados

Sistemas embarcados, também chamados de sistemas embutidos ou incorporados, dizem respeito a dispositivos que utilizam um microprocessador executando um software com funções específicas. De acordo com Cerqueira *et al.* (2021), esses sistemas realizam um pequeno conjunto de tarefas pré-definidas, não sendo flexíveis para executar outras funções, mas apenas para atualizações das mesmas.

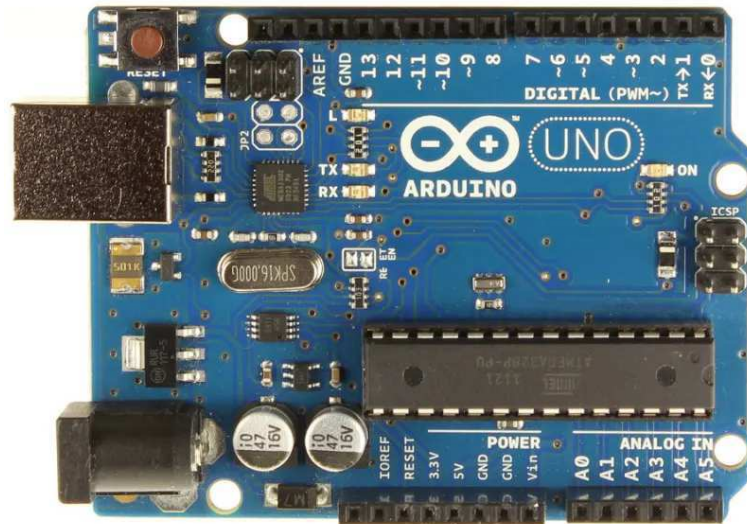
Segundo Almeida *et al.* (2017), os sistemas embarcados são projetados para serem de baixo custo e baixo consumo energético. Desse modo, seus recursos computacionais e físicos tendem a ser limitados, ou seja, a memória, o processamento, o número de terminais e as interfaces de exibição usualmente apresentam restrições. De acordo com Borges e Rodrigues (2011), esses sistemas estão presentes nas mais variadas áreas, como automação industrial, eletrodomésticos e automóveis, entre outras. Nas subseções a seguir, serão apresentados os principais componentes de hardware de um sistema embarcado.

2.1.1 Microcontroladores

Um microcontrolador pode ser definido como um computador de chip único que executa uma tarefa específica e um único aplicativo. Esses dispositivos são pequenos, se dão por um único circuito integrado que possui uma unidade central de processamento (Central Processing Units (CPU)), uma memória de acesso aleatório (Random Access Memory (RAM)), uma memória somente para leitura (Read Only Memory (ROM)) e portas para entrada e saída. Os microcontroladores estão em produtos como ferramentas elétricas, controles remotos, impressoras e entre outros. De acordo com Hussain Muhammad Hamad (2016), em todos os exemplos citados, o microcontrolador atua executando unicamente sua tarefa específica.

Para a realização deste trabalho, será utilizado um módulo Arduíno UNO, que possui 14 pinos digitais e 6 entradas analógicas, afirma Evans *et al.* (2013). A figura 1 representa a imagem do arduíno utilizado.

Figura 1 – Arduíno Uno

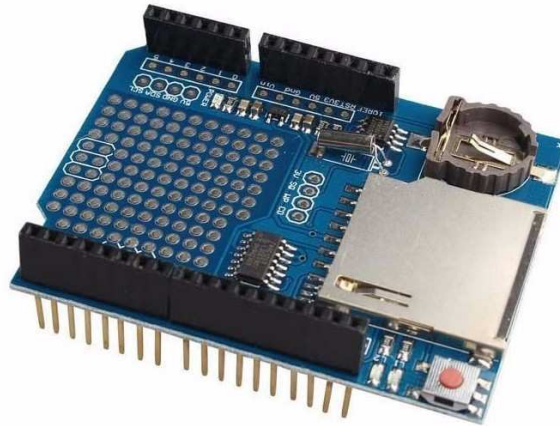


Fonte: Eletrodex Eletrônica

2.1.2 Data Logger

Um Data Logger, registrador de dados, é um dispositivo eletrônico responsável por monitorar e registrar dados em tempo real, cita Smith (2025). No presente trabalho o Data Logger é controlado pelo microcontrolador Arduíno Uno, e está integrado com uma fonte de alimentação e um cartão de memória, onde será armazenado os dados registrados pelo Data Logger, ou seja, os dados coletados durante o monitoramento da presença no ambiente. A figura 2 representa o Data Logger utilizado.

Figura 2 – Data Logger



Fonte: Hu Infinito

2.1.3 Sensores

Sensores são dispositivos eletrônicos que respondem a estímulos do ambiente para fins de monitoramento. Esses componentes são de diversos tipos e capazes de medir diferentes parâmetros físicos. De acordo com García *et al.* (2017), um sensor é capaz de medir a intensidade luminosa, a temperatura, movimentos ou outras variações no espaço físico, com o objetivo de identificar características do ambiente para monitoramento. Nesta aplicação, para verificar se há pessoas na sala de aula, será utilizado o Sensor de movimento de radar, cuja imagem pode ser vista na figura 3.

Figura 3 – Sensor de Radar



Fonte: Saravati

3 TRABALHOS RELACIONADOS

Este capítulo traz alguns trabalhos relacionados com o trabalho atual, incluindo quais as características similares e divergentes.

3.1 Projeto de automação de um ar-condicionado com arduino mediante sensor de presença

O projeto realizado por Furtunato (2024) apresenta um sistema de automação de ar-condicionado utilizando a plataforma de prototipagem Arduino. Além disso, o sistema conta com um sensor de presença PIR e um sensor de vibração. A proposta do trabalho é analisar a presença de pessoas no ambiente, caso ocorra detecção de presença e o sensor de vibração verifique que o ar-condicionado está desligado, o aparelho é ligado. Caso não ocorra detecção de movimento por 30 segundos e o sensor de vibração detecte que o aparelho está ligado, então o ar-condicionado é desligado.

Assim como o presente trabalho, o projeto de Furtunato (2024) também faz a análise de presença no ambiente. A principal diferença notada é que além do sensor de presença o trabalho propõe uso de sensor de vibração. Além disso, a proposta final do trabalho é diferente, considerando que o projeto de Furtunato (2024) visa automatizar o ambiente enquanto o presente trabalho propõe apenas a análise da presença para otimizar o serviço da portaria.

3.2 Alarme com ativação por sensor presencial e alerta via SMS

O trabalho de Silva (2013) apresenta uma solução para melhoria da segurança. Ao detectar uma presença em um ambiente interno, o sistema envia uma notificação por SMS para um número pré selecionado. O projeto utiliza uma plataforma Arduino e o sensor de presença *Passive Infrared* (PIR) para detectar a presença.

O presente trabalho tem em semelhança com o projeto de Silva (2013) o objetivo de analisar a presença ou ausência de pessoas no ambiente. Além do propósito similar, possui também em comum o uso do Arduino. Como diferença, o trabalho usa o sensor de presença PIR enquanto o atual projeto utiliza sensor de presença por radar.

3.3 Estudo da Importância do gerenciamento e conservação de energia através da implantação de sensor de presença

O projeto de FERREIRA e MOREIRA (2018) apresenta uma solução para economia de energia elétrica dentro de sala de aula, por meio de um sistema de verificação de presença. O projeto fez implementou diversos sensores de presença e após a ausência de alunos por cinco minutos, as luzes do ambiente são desacionadas, visando economizar energia elétrica.

O trabalho apresentado possui similaridade com o atual trabalho por focar na presença de pessoas em ambientes internos, tendo em vista o impacto que a falsa detecção de ocupação — isto é, a identificação incorreta de presença em ambientes vazios — pode ocasionar, como o desperdício de recursos energético

3.4 Relação entre os trabalhos

A Figura 4 apresenta uma tabela de comparação entre os trabalhos.

Figura 4 – Trabalhos Relacionados

Trabalho	Objetivo	Sensor	Microcontrolador
Este trabalho	Checagem de presença em sala de aula	Sensor de presença de radar	Arduíno
Furtunato (2024)	Automação de ar-condicionado	Sensor de presença PIR e sensor de vibração	Arduíno
Silva (2013)	Segurança do ambiente interno	Sensor de presença PIR	Arduíno
Ferreira e Moreira (2018)	Economia de energia elétrica	Não especificado	Não especificado

Fonte: Elaborado pela autora.

4 METODOLOGIA

Neste capítulo será apresentada a metodologia utilizada para a realização da aplicação proposta, com a descrição detalhada do passo a passo e os materiais utilizados.

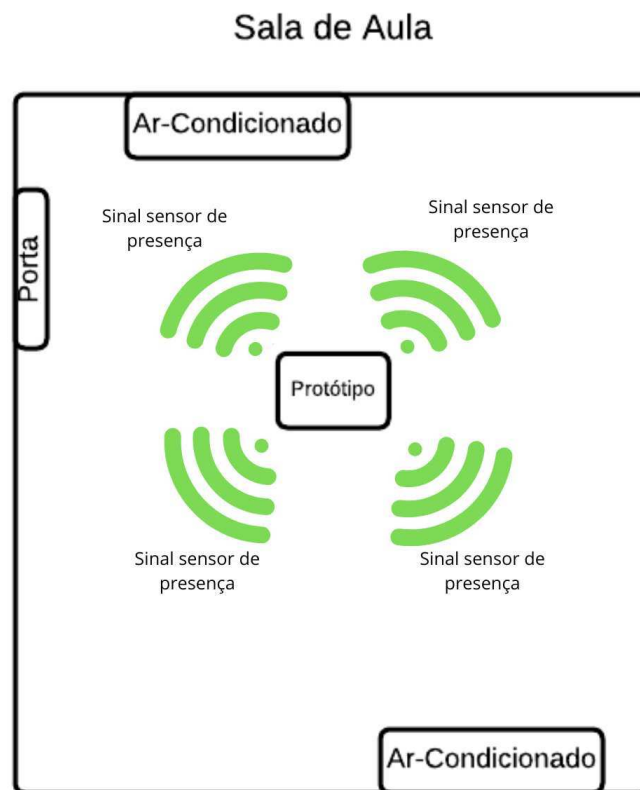
4.1 Levantamento de Dados

Para dar início ao trabalho, se fez necessário estudar a importância da solução proposta. Para isso, foi realizada uma entrevista com um dos funcionários da portaria da UFC - Campus Russas, com o objetivo de saber como se dá a dinâmica atual de ligar e desligar os ar-condicionados e abrir e trancar as portas. A entrevista mostrou que o processo é feito de forma completamente manual por um dos servidores da portaria, baseado em uma planilha de aulas que indica quando haverá ou não alunos na sala.

4.2 Visão Geral da Proposta

A proposta deste trabalho é analisar a presença ou ausência de alunos nas salas de aula, em tempo real, criando um dispositivo eletrônico voltado ao estudo de padrões de movimentação na UFC - *Campus* Russas. A visão geral, se dá por a vista de cima da sala de aula, onde é possível visualizar o sensor de presença emitindo ondas para todos os cantos da sala. Isso pode ser visto na Figura 5.

Figura 5 – Visão Geral



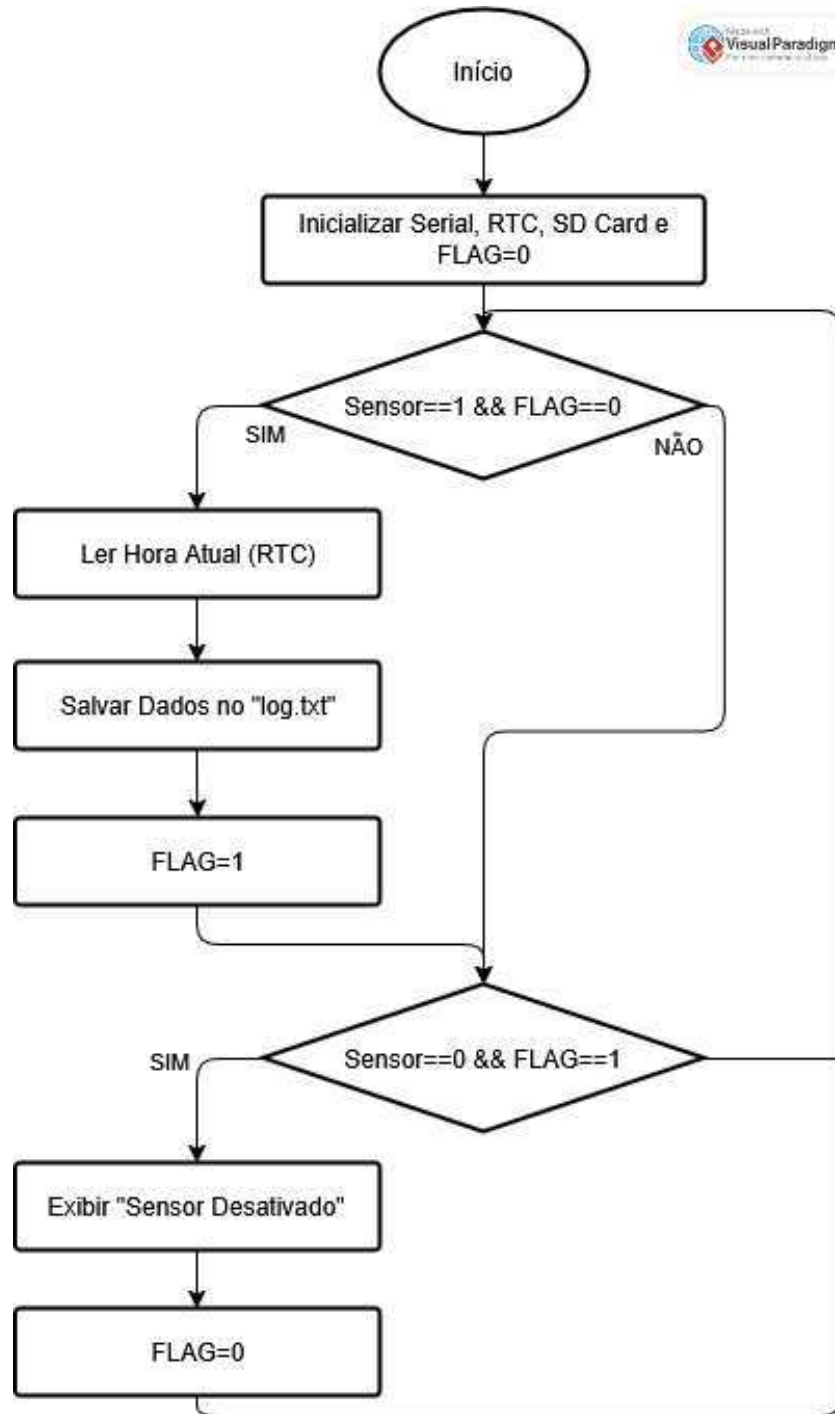
Fonte: Elaborado pela autora.

4.3 Materiais e Métodos

Para realização desse trabalho foram utilizados o Wokwi, uma plataforma de simulação de dispositivos eletrônicos. Para codificação do protótipo física com a placa arduino UNO fora utilizado a IDE ARDUINO.

O fluxograma do código pode ser visto na figura 6 e o código-fonte completo do sistema desenvolvido encontra-se apresentado no Apêndice A.

Figura 6 – Fluxograma do funcionamento do sistema de leitura do sensor com RTC e gravação em cartão SD



Fonte: Elaborado pela autora.

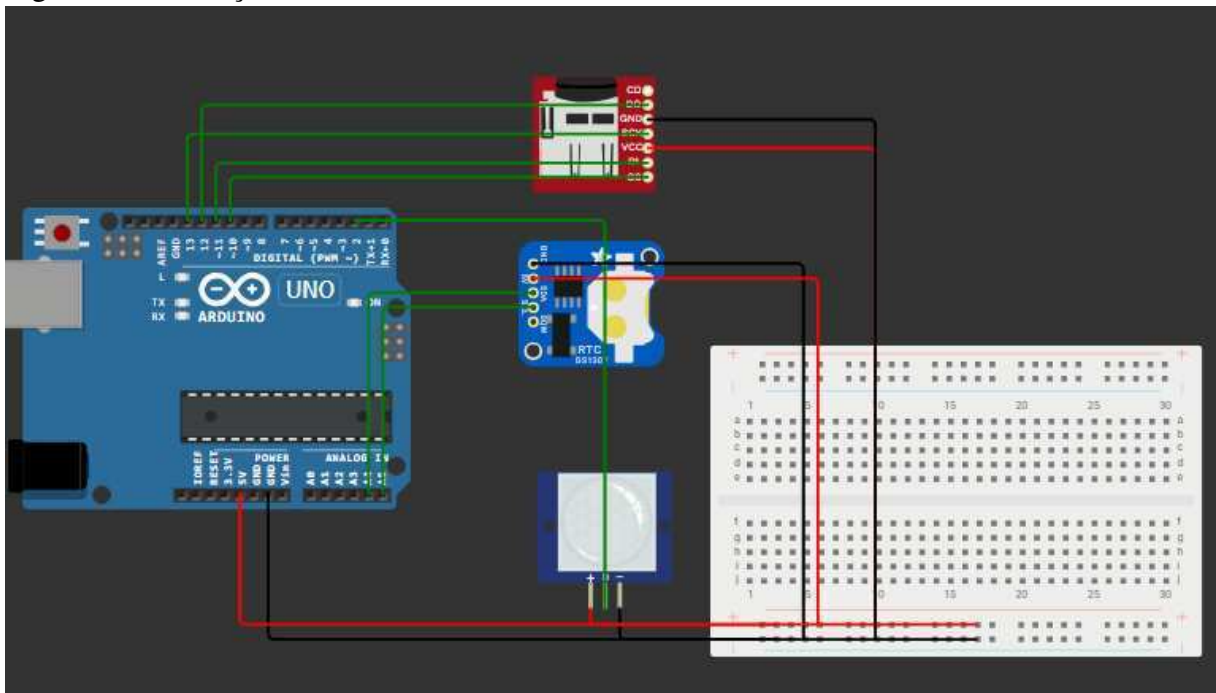
4.4 Simulação Virtual do Projeto

Para iniciar o projeto, foi realizado uma simulação virtual por meio da plataforma *Wokwi*, onde é possível simular projetos de eletrônica. Nesse projeto foram utilizados uma placa de anduíno UNO para gerenciar, um sensor de presença PIR, por ser o único disponível

na plataforma, um micro-sd card, para armazenar os dados dos horários em que o sensor foi ativado, um módulo *Real Time Clock* (RTC), para indicar a hora que o sensor foi ativado, e uma protoboard para realizar as conexões necessárias.

No protótipo, quando o sensor de presença é ativado, o arduíno UNO busca o horário no módulo RTC e envia para um arquivo que está salvo no micro-sd card. Logo, todos os horários que o sensor foi ativado estão nesse arquivo armazenado no micro-sd card. A simulação pode ser vista na Figura 7.

Figura 7 – Simulação Virtual



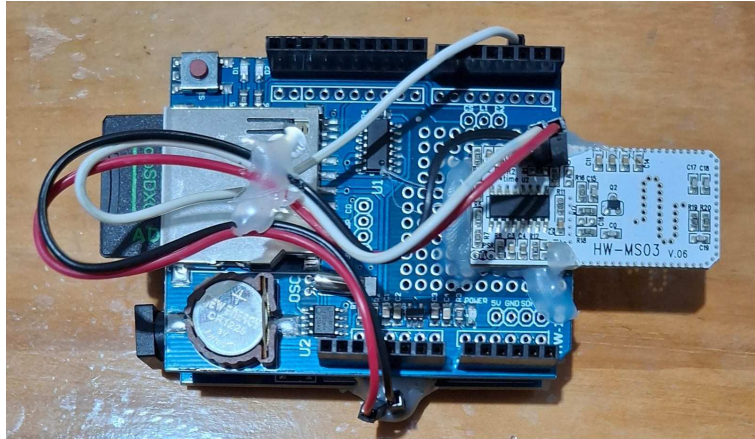
Fonte: Elaborado pela autora.

4.5 Implementação e Testes

Com o simulador virtual pronto e os componentes físicos disponíveis, considerando as adaptações necessárias, sendo ela a mudança do sensor de presença PIR para o sensor de presença por radar, foram iniciados os testes.

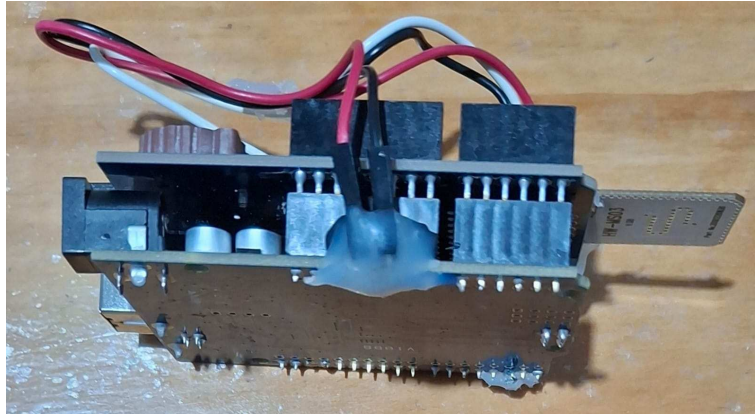
Para avaliar a funcionalidade da aplicação será escolhida uma sala de aula no *campus* de Russas que não possua todos os horários de aula preenchidos, para testar de o protótipo está exercendo sua função de registrar a presença de pessoas. Para o monitoramento deste teste, o protótipo registrará em um arquivo os horários que ligou que foram constados presença. Na figura 8, 9 e 10 estão disponíveis imagens do protótipo físico e sua aplicação na sala.

Figura 8 – Protótipo



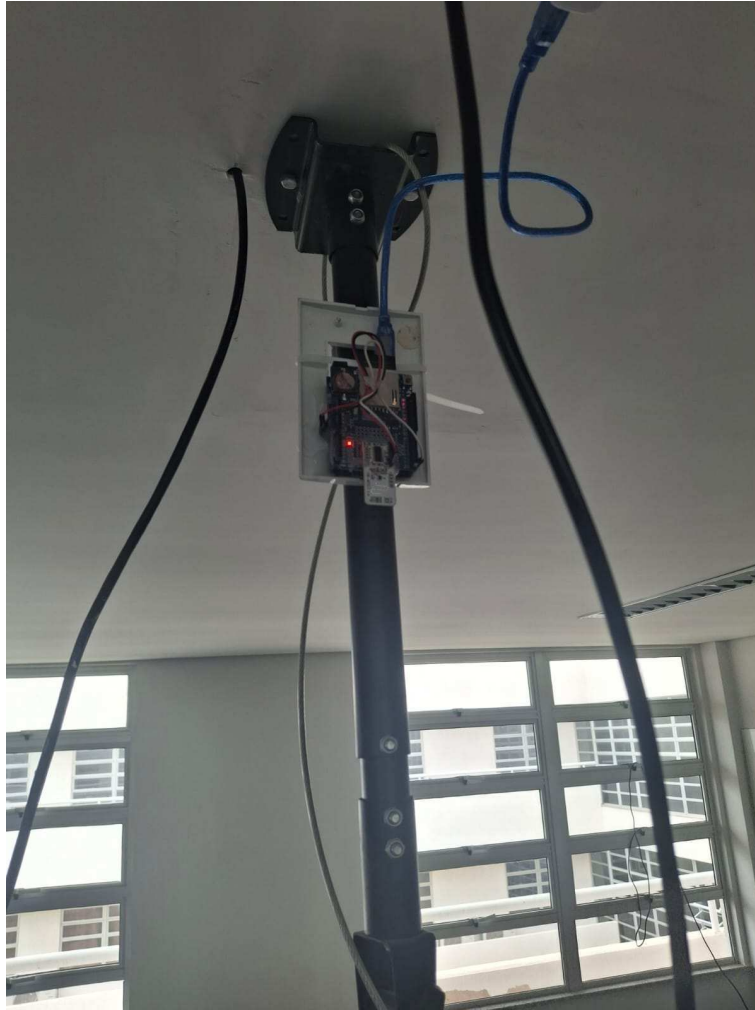
Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 9 – Protótipo



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 10 – Protótipo



Fonte: Elaborado pela autora.

Para realizar os testes, o dispositivo foi colocado em uma sala com quadro de horários demonstrado na figura 11.

Figura 11 – Mapa de Aula

	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
8:00-10:00h	AULA	AULA	AULA	AULA	
10:00-12:00h	AULA	AULA	AULA	AULA	
12:00-13:30h	Almoço	Almoço	Almoço	Almoço	Almoço
13:30-15:30h		AULA		AULA	
15:30-17:30h	AULA	AULA	AULA	AULA	

Fonte: Elaborado pela autora.

5 RESULTADOS

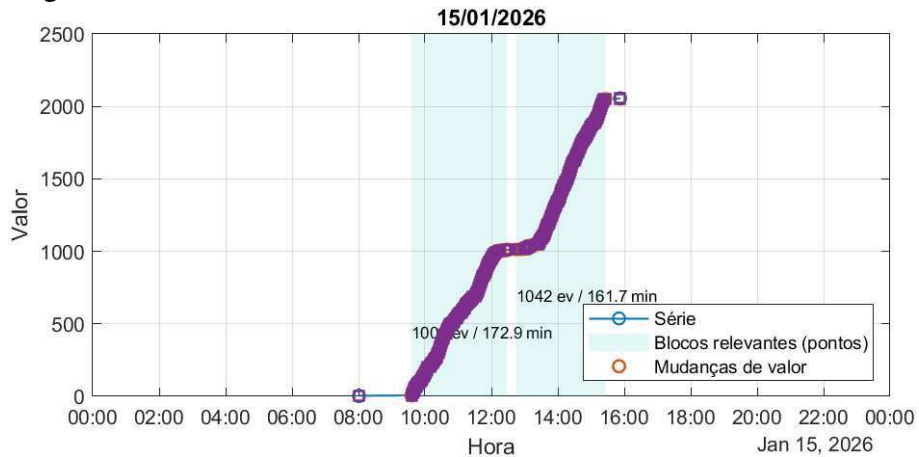
Neste capítulo é apresentado os resultados obtidos a partir da coleta de dados realizada em uma sala de aula durante 3 dias. As análises estão divididas em três seções, apresentando primeiramente a visão geral de movimentação na sala de aula, depois o comparativo dos movimentos em um mesmo horário nos diferentes dias e por fim os padrões de movimentos que podem ser identificados para formular uma estratégia inteligente de desligamento de ar-condicionado de forma automática.

5.1 Comportamento geral dos movimentos em sala de aula

Os gráficos da Figuras 12, 13 e 14 ilustram os registros de movimentos, e a hora em que ocorreram. É possível observar períodos em que o crescimento do gráfico é linear e contínuo. Em momentos de maior movimento, observamos um fundo azul, indicando blocos relevantes de eventos e possíveis momentos de aula. Para que um bloco seja considerado relevante, e necessário que haja no mínimo 8 eventos ou que os eventos ocorram dentro de um intervalo de 10 minutos.

Analisando o gráfico da Figura 12, que diz respeito ao dia 15/01/2026, uma quinta-feira, é possível ver que houve um evento por volta de 08:00 e o próximo evento cerca de 09:35, indicando que a primeira aula do mapa de aula não ocorreu nesta sala. Após o último horário, detectam-se diversos eventos até 12:00; o movimento continua na sala até 12:15, faz uma pausa na alta frequência e retorna às 12:25, permanecendo com baixa frequência, por ser horário de almoço. Em seguida, os eventos voltam a crescer, encerrando o alto movimento por volta de 15:25, tendo seu último registro às 15:52, indicando que a aula do último horário também não ocorreu nesta sala.

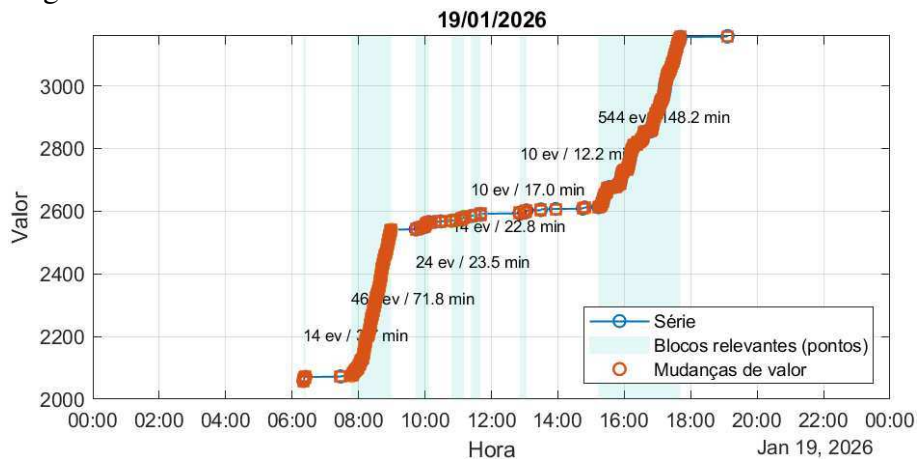
Figura 12 – Gráfico 1



Fonte: Elaborado pela autora.

O gráfico da Figura 13 diz respeito a uma segunda-feira, dia 19/01/2026. O primeiro registro ocorreu às 06:20; após isso, iniciou-se um bloco de movimento às 07:47, horário em que os alunos estão chegando para a aula, e esse bloco perdurou até 08:59. Em seguida, observou-se uma sequência de mini blocos, deixando dúvida se isso indica uma atividade alternativa em aula ou a ausência de aula, com alunos entrando e saindo da sala. Esse período durou das 09:43 até 11:40. Das 13h até 15h, houve movimentos esporádicos na sala, e um novo bloco de movimento se iniciou às 15:13, indo até 17:41, indicando a ocorrência da última aula do dia.

Figura 13 – Gráfico 2

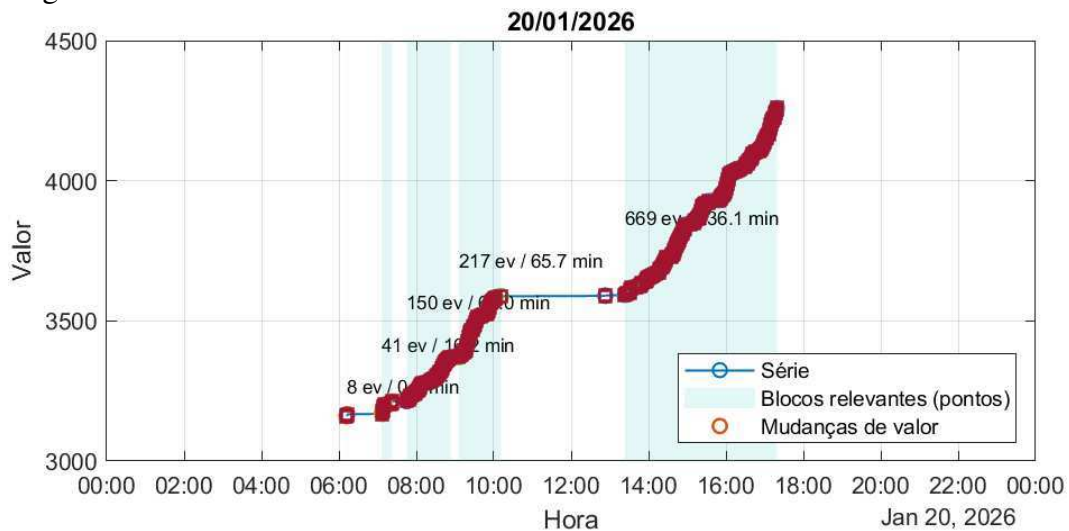


Fonte: Elaborado pela autora.

O gráfico da Figura 14 diz respeito a uma terça-feira, dia 20/01/2026. Notou-se o primeiro movimento às 06:11; após isso, entra-se em um bloco de movimento a partir das 07:06 até 07:10. Em seguida, ocorreu um bloco de movimento relevante de 07:45 até 08:08, e, posteriormente, um bloco de 08:15 até 10:11. Após isso, houve uma longa espera, e o próximo

evento ocorreu às 12:52, indicando que houve a primeira aula do dia e não houve a segunda aula. Em seguida, ocorreu um grande bloco de movimento iniciando às 13:22 e se encerrando às 17:19, indicando que houve as duas aulas do período da tarde.

Figura 14 – Gráfico 3



Fonte: Elaborado pela autora.

5.2 Comparativo de movimentos nos inícios dos horários de aula

Após a análise do comportamento geral dos movimentos ao longo dos dias monitorados, apresentada na Seção 5.1, foi realizado um estudo comparativo dos padrões de presença nos instantes iniciais de cada horário de aula. O objetivo desta análise foi identificar como a dinâmica de entrada dos alunos se manifesta temporalmente e verificar a aderência entre o horário previsto de início das aulas e a ocupação real da sala.

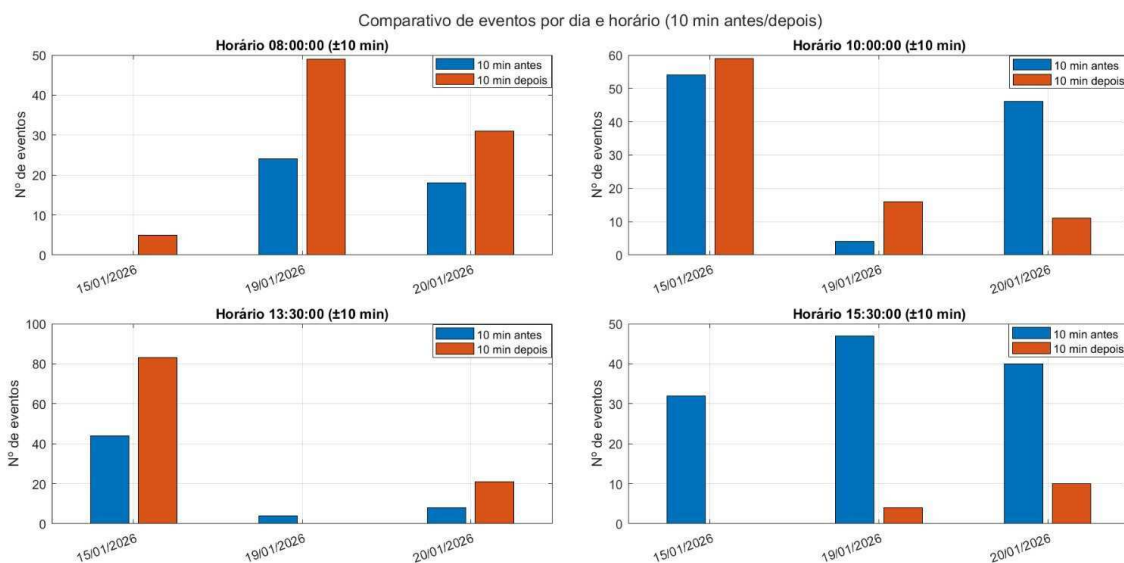
Para cada horário previsto de aula, os dados foram analisados em janelas temporais de 10 minutos antes e 10 minutos após o início programado, permitindo observar variações na frequência de eventos de movimento imediatamente associados ao começo das atividades. Os gráficos comparativos construídos para cada horário (Figura 15) evidenciam que, em situações nas quais a barra correspondente ao período posterior apresenta valor superior ao período anterior, e ultrapassa um limiar mínimo de eventos, há forte indicação da ocorrência efetiva de aula no horário analisado.

Entretanto, os resultados também revelaram situações em que a frequência de eventos nos 10 minutos posteriores ao início da aula foi inferior à observada nos 10 minutos anteriores. Um exemplo ocorre no horário de 15h30 do dia 20/01, no qual a análise local indicaria, a princípio, ausência de aula. Contudo, ao observar o comportamento global dos movimentos no

mesmo dia (Figura 14, Seção 5.1), identifica-se a presença de um bloco contínuo e relevante de eventos até o final da tarde, confirmando que a aula ocorreu, porém com atraso no início.

Esse resultado evidencia que atrasos no início das aulas são eventos reais e recorrentes no ambiente analisado, o que limita a eficácia de limiares temporais rígidos para a tomada de decisão automática. Assim, a análise comparativa não apenas permite identificar a ocorrência de aulas, mas também revela a necessidade de estratégias de controle mais flexíveis, capazes de lidar com a variabilidade do comportamento humano no uso das salas.

Figura 15 – Gráficos 4, 5, 6 e 7



Fonte: Elaborado pela autora.

5.3 Estratégia de Controle do Ar-Condicionado

Com base nos padrões identificados nas análises apresentadas nas Seções 5.1 e 5.2, foi elaborada uma estratégia de controle adaptativa para o acionamento e desligamento do ar-condicionado, visando reduzir o desperdício energético associado a situações de falsa ocupação e atrasos no início das aulas. Os resultados demonstraram que o uso de limiares temporais fixos pode levar a decisões incorretas, sendo necessário considerar a dinâmica real de ocupação do ambiente, bem como aspectos de conforto térmico, especialmente no período da tarde.

A estratégia proposta fundamenta-se na utilização de janelas adaptativas de observação, que permitem estender o período de monitoramento após o início previsto da aula caso sejam detectados indícios de atraso. Além disso, foi incorporada uma etapa de pré-condicionamento térmico, com o objetivo de garantir conforto no início das aulas sem comprometer a eficiência

energética do sistema.

As premissas adotadas para o controle são descritas a seguir:

1. A estratégia é aplicada apenas no intervalo entre 8h00 e 17h30, período no qual a abertura e o fechamento das salas são realizados manualmente por funcionários da portaria.
2. O ar-condicionado é acionado automaticamente 10 minutos antes do horário previsto de início da aula, garantindo que o ambiente esteja termicamente adequado no momento da chegada dos alunos, sobretudo nos horários da tarde, quando a temperatura interna tende a ser mais elevada.
3. No início de cada horário de aula, o sistema passa a monitorar a presença por meio de uma janela inicial de 10 minutos. Caso não seja identificado um bloco relevante de movimentos, a janela é estendida progressivamente até 30 minutos, permitindo capturar atrasos no início das atividades.
4. Caso um bloco relevante de movimentos seja detectado dentro da janela progressiva de observação, o ar-condicionado permanece ligado, indicando ocupação efetiva da sala. Caso contrário, o equipamento é desligado automaticamente, caracterizando uma situação de falsa ocupação.
5. Durante o horário de almoço, identificado por baixa frequência de eventos, o sistema mantém o ar-condicionado desligado, sendo reativado apenas com o surgimento de um novo bloco relevante de movimento ou com o acionamento do pré-condicionamento térmico do próximo horário previsto de aula.
6. Caso o ar-condicionado esteja ligado e não sejam detectados eventos de movimento por um intervalo superior a 10 minutos após a confirmação de ocupação, o sistema pode desligá-lo, indicando possível encerramento antecipado da aula ou evasão do ambiente.
7. Movimentos esporádicos, que não caracterizam blocos relevantes, não são considerados suficientes para o acionamento do ar-condicionado, evitando ligações desnecessárias.

6 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

O presente trabalho teve como objetivo desenvolver e avaliar um sistema embarcado para detecção de presença em ambientes internos, utilizando um sensor de movimento por radar integrado a um microcontrolador Arduino Uno e a um módulo Data Logger para registro temporal dos eventos. A proposta buscou analisar os padrões reais de ocupação de salas de aula no Campus Russas da Universidade Federal do Ceará, com foco na identificação de situações de falsa ocupação e no suporte à tomada de decisões relacionadas à gestão energética e ao conforto térmico.

Os resultados obtidos a partir da coleta de dados em uma sala de aula durante três dias demonstraram que o sistema é capaz de identificar períodos de ocupação efetiva, bem como intervalos de baixa frequência de movimentos associados à ausência de atividades acadêmicas. A análise dos gráficos evidenciou blocos relevantes de movimento compatíveis com os horários reais de aula, além de revelar atrasos no início das atividades e variações no comportamento de uso do ambiente, destacando a necessidade de estratégias de controle mais flexíveis e adaptativas.

Com base nessas observações, foi proposta uma estratégia híbrida de controle do ar-condicionado, composta por uma fase de pré-condicionamento térmico, na qual o equipamento é acionado 10 minutos antes do horário previsto de aula, e por uma fase de confirmação de ocupação, baseada em janelas progressivas de observação. Essa abordagem mostrou-se mais adequada às condições climáticas locais e ao comportamento real dos usuários, evitando tanto o desconforto térmico no início das aulas quanto o desperdício energético decorrente de acionamentos desnecessários em situações de falsa ocupação.

Dessa forma, o trabalho contribui não apenas com o desenvolvimento de um protótipo funcional de monitoramento de presença, mas também com a definição de uma metodologia de análise orientada a dados, capaz de transformar registros de sensores em regras de decisão adaptativas. Essa contribuição amplia o potencial de aplicação do sistema em cenários de automação predial e iniciativas de campus inteligente, onde conforto, eficiência e confiabilidade são requisitos fundamentais.

Como trabalhos futuros, propõe-se a integração do sistema com a infraestrutura da portaria para envio automático de alertas sobre ocupação real das salas, bem como a automação direta do acionamento dos aparelhos de ar-condicionado. Além disso, recomenda-se a ampliação do período de coleta de dados e do número de salas monitoradas, permitindo a validação estatística da estratégia proposta. Por fim, sugere-se a incorporação de técnicas de aprendizado

de máquina para ajuste automático dos limiares e janelas de decisão, tornando o sistema mais autônomo e eficiente ao longo do tempo.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, R. de; MORAES, C. de; SERAPHIM, T. de F. P. **Programação de Sistemas Embarcados: Desenvolvendo Software para Microcontroladores em Linguagem C**. Elsevier Brasil, 2017. ISBN 9788535285192. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=7LA4DwAAQBAJ>.
- BORGES, R. W.; RODRIGUES, E. L. Embedded system design: An overview of brazilian development. In: **2011 IEEE Ninth International Symposium on Parallel and Distributed Processing with Applications Workshops**. [S. l.: s. n.], 2011. p. 141–146.
- CERQUEIRA, M. V. B.; MASCHIETTO, L. G.; ZANIN, A. *et al.* **Sistemas Operacionais Embarcados**. E-book. Porto Alegre: Grupo A, 2021. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/books/9786556902616/>. Acesso em: 04 set. 2024. ISBN 9786556902616. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/#/books/9786556902616/>.
- ESTEVEVES, J. C.; FALCOSKI, L. A. N. Gestão do processo de projetos em universidades públicas: Estudos de caso. **Gestão amp; Tecnologia de Projetos**, v. 8, n. 2, p. 67–87, dez. 2013. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/gestaodeprojetos/article/view/80950>.
- EVANS, M.; NOBLE, J.; HOCHENBAUM, J. **Arduino em ação**. [S. l.]: Novatec Editora, 2013.
- FERREIRA, A. M.; MOREIRA, R. H. Estudo da importância do gerenciamento e conservação de energia através da implantação de sensor de presença. 133, 2018.
- FURTUNATO, A. V. d. O. **Projeto de automação de um ar-condicionado com arduino mediante sensor de presença**. Dissertação (B.S. thesis) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2024.
- GARCÍA, C. G.; MEANA-LLORIÁN, D.; LOVELLE, J. M. C. *et al.* A review about smart objects, sensors, and actuators. **International Journal of Interactive Multimedia & Artificial Intelligence**, v. 4, n. 3, 2017.
- HUSSAIN MUHAMMAD HAMAD, K. H. T. Z. A. Programming a microcontroller. **International Journal of Computer Applications**, Foundation of Computer Science (FCS), NY, USA, New York, USA, v. 155, n. 5, p. 21–26, Dec 2016. ISSN 0975-8887. Disponível em: <https://ijcaonline.org/archives/volume155/number5/26601-2016912310/>.
- LEITE, L. d. M. Dissertação (Mestrado Profissional em Engenharia Elétrica), **Plataforma IoT para supervisão de usina fotovoltaica e automação predial no Ministério da Defesa**. Brasília: [S. n.], 2023. X, 115 f., il.
- MELO, L. d. Iot para monitoramento em tempo real da ocupação em locais essenciais para facilitar a tomada de decisões. Universidade Federal de São Carlos, 2024.
- SILVA, A. V. d. O. Alarme com ativação por sensor presencial e alerta via sms. 2013.
- SMITH, G. M. **O que é um Data Logger e como ele funciona?** 2025. Acessado em: dia mês ano. Disponível em: <https://dewesoft.com/pt/blog/que-e-data-logger>.
- VENCESLAU, F. A. M. *et al.* Sistema para suporte à implantação e monitoramento de aplicações de campus inteligente baseado em protocolos de iot. Universidade Federal da Paraíba, 2021.

APÊNDICE A – CÓDIGO FONTE

```

1 #include <RTCLib.h>
2 #include <SD.h>
3
4 /* =====
5   Declaracao de objetos e variaveis globais
6   ===== */
7 RTC_DS3231 rtc;
8 bool flag = false;
9
10 /* =====
11   Funcao de inicializa o
12   ===== */
13 void setup() {
14   Serial.begin(115200);
15   Serial.println("Inicializando sistema...");
16
17   pinMode(2, INPUT);
18
19   /* Inicializa o do RTC */
20   if (!rtc.begin()) {
21     Serial.println("Erro: RTC nao encontrado!");
22     while (true);
23   }
24
25   /* Inicializa o do cartao SD */
26   if (!SD.begin(10)) {
27     Serial.println("Erro ao iniciar o cartao SD!");
28     while (true);
29   }
30
31 }
32
33 /* =====
34   Loop principal
35   ===== */
36 void loop() {
37

```

```
38  /* Sensor ativado */
39  if (digitalRead(2) == HIGH && !flag) {
40
41      DateTime agora = rtc.now();
42
43      Serial.print("Sensor ativado em: ");
44      Serial.print(agora.day());
45      Serial.print("/");
46      Serial.print(agora.month());
47      Serial.print("/");
48      Serial.print(agora.year());
49      Serial.print(" ");
50      Serial.print(agora.hour());
51      Serial.print(":");
52      Serial.print(agora.minute());
53      Serial.print(":");
54      Serial.println(agora.second());
55
56      File arquivo = SD.open("log.txt", FILE_WRITE);
57
58      if (arquivo) {
59          arquivo.println("Sensor ativado em:");
60          arquivo.print(agora.day());
61          arquivo.print("/");
62          arquivo.print(agora.month());
63          arquivo.print("/");
64          arquivo.print(agora.year());
65          arquivo.print(" ");
66          arquivo.print(agora.hour());
67          arquivo.print(":");
68          arquivo.print(agora.minute());
69          arquivo.print(":");
70          arquivo.println(agora.second());
71          arquivo.close();
72
73          flag = true;
74      }
75  }
76
```

```
77     /* Sensor desativado */
78     if (digitalRead(2) == LOW && flag) {
79         Serial.println("Sensor desativado");
80         flag = false;
81     }
82 }
```

Código-fonte 1 – Código-fonte do sistema de leitura de sensor com RTC e cartão SD