

Monitoramento do espaço de Obras Raras através de dispositivos IoT

Monitoring the space of rare works through IoT devices

Brenddon E. A. Oliveira  *

UFF

Bruno H. R. Rodrigues ,[†] Lucas C. A. Siqueira ,[‡] e Victor Hugo M. Torres  §

CEFET

Luana S. Moreira  ¶

UFSM

L. Santoro ,^{**} Alan F. Rosa ,^{††} e Nilton Alves Júnior  ‡‡

CBPF

Submetido: 05/12/2023 Aceito: 14/03/2024

Resumo: A Internet das Coisas, ou IoT, é um conceito que engloba a conexão de dispositivos e equipamentos com a internet, permitindo que eles colem, compartilhem dados e interajam entre si de maneira autônoma. Neste trabalho foi feito o uso dessa tecnologia por meio de diversos sensores para monitoramento do espaço de Obras Raras no Núcleo de Informação C&T e Biblioteca (NIB), alocado no Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF). Esses dispositivos foram empregados para monitorar se as condições ambientais estão adequadas para comportar as obras ali presentes e, caso não apresentem essas condições, sugerir mudanças para a preservação das mesmas. Dentro desse espaço, foram instalados diversos microcontroladores ESP32 com sensores para monitorar temperatura, umidade e outras condições que precisam ser controladas para manter tais obras preservadas. As informações coletadas por esses sensores foram enviadas para uma nuvem do NIB com o banco de dados *InfluxDB*, onde é possível monitorar as condições deste ambiente. A partir dos dados coletados, foi possível concluir que a umidade relativa do ar não é adequada para comportar tais obras, que a temperatura não é o maior fator de impacto e que as obras próximas ao local de maior incidência luminosa necessitam de mais cuidado. Além desse monitoramento implementações adicionais foram tomadas para evitar acessos indevidos ao espaço e alertar sobre focos de incêndio. Permitindo uma otimização completa do espaço.

Palavras chave: IoT, Dados, Monitoramento, Preservação

Abstract: The Internet of Things, or IoT, is a concept that encompasses the connection of devices and equipment to the internet, allowing them to collect, share data, and interact with each other autonomously. In this work, this technology was used through various sensors for monitoring the Rare Works space at the Nucleus of Science and Technology Information and Library (NIB), located at the Brazilian Center for Physics Research (CBPF). These devices were employed to monitor whether the environmental conditions are suitable for accommodating the works present there and, if they do not present these conditions, suggest changes for their preservation. Within this space, several ESP32 microcontrollers with sensors were installed to monitor temperature, humidity, and other conditions that need to be controlled to maintain such works preserved. The information collected by these

sensors was sent to an NIB cloud with the InfluxDB database, where it is possible to monitor the conditions of this environment. Based on the data collected, it was possible to conclude that the relative humidity of the air is not suitable for such works, that temperature is not the greatest impact factor, and that works near the location of the highest light incidence require more care. In addition to this monitoring, additional implementations were taken to prevent unauthorized access to the space and to alert about fire hazards, allowing for a complete optimization of the space.

Keywords: IoT, Data, Monitoring, Preservation

1. Introdução

O espaço de Obras Raras é um acervo do Núcleo de Informação C&T e Biblioteca (NIB) no Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF). Entre os documentos ali presentes estão livros, cartas e documentos que pertenceram a pesquisadores e fundadores, as quais, apresentam características únicas como assinaturas e dedicatórias de seus donos originais. A preservação de tais documentos é de grande valor histórico para a da instituição, o que exige que os mesmos sejam alocados em um espaço com condições adequadas e monitoramento contínuo.

Estas condições adequadas estão relacionadas a fatores ambientais de temperatura, umidade relativa do ar, luminosidade do ambiente e o controle de acesso ao local.

O desequilíbrio da temperatura e da umidade relativa provoca no acervo uma dinâmica de contração e alongamento dos elementos que compõe o papel, além de favorecer a proliferação de agentes biológicos, tais como: fungos, bactérias, insetos e roedores [1]. Quanto menor a temperatura, maior será a permanência e durabilidade do papel. Se a umidade estiver elevada, aumenta a degradação ácida, já se estiver muito baixa, facilita o ataque de agentes biológicos. Além disso, toda fonte de luz emite radiação nociva do tipo infravermelho e ultravioleta, ambos causadores de danos ao papel. A luz caracteriza-se por apresentar uma ação clareadora, desbotando ou escurecendo alguns papéis e tintas, como também, por acelerar a degradação da lignina (componente natural responsável pela firmeza do conjunto de fibras) causando o rompimento das fibras do papel. [2]

Desse modo, a maneira escolhida para monitorar esse espaço e garantir a preservação das obras foi recorrendo a dispositivos IoT (*Internet of things* ou, numa tradução direta, internet das coisas) para monitorar em tempo real as condições presentes nesse espaço, bem como armazenar e disponibilizar os dados coletados em um banco de dado *InfluxDB*. Entre os principais problemas ambientais pretendi-

dos para serem observador estão: luminosidade, temperatura e umidade. Em relação à segurança estão: o acesso à sala (contabilização do número de pessoas que foram permitidos ou negados os acessos) e risco de incêndio.

2. Materiais e Métodos

O presente projeto adotou uma metodologia cíclica para a sua realização, a qual consistiu na aplicação de uma sequência de passos bem definidos. O primeiro passo envolveu a análise dos requisitos necessários para a implementação do projeto. Em seguida, foi feita a escolha dos sensores com base nas características de operação de cada requisito de medição. A etapa seguinte compreendeu a integração dos sensores, de modo a permitir que eles funcionassem de forma coordenada e integrada. Posteriormente, os sensores foram dispostos na sala de Obras Raras, permitindo a captação de dados de forma eficiente e precisa. Na quarta etapa, os dados medidos pelos sensores foram aferidos utilizando o aplicativo *Phyphox* [3], que permitiu uma comparação dos dados coletados com os dados capturados pelos sensores de um aparelho telefone comercial. Por fim, os dados foram enviados para a nuvem utilizando o banco de dados *InfluxDB*, proporcionando a possibilidade de armazenamento e acesso remoto aos resultados do projeto.

2.1. Arquitetura

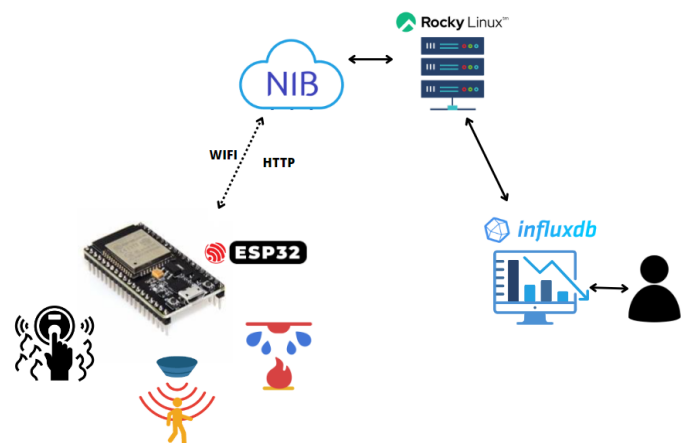


Figura 1: Arquitetura IoT escolhida

*Electronic address: brenddonandrade@gmail.com

†Electronic address: rodriguesbhr@grupoira.com.br

‡Electronic address: lucas.siqueiracastro@gmail.com

§Electronic address: victor.martins1699@gmail.com

¶Electronic address: luanaschneiderm@gmail.com

**Electronic address: leonsantoro@cbpf.br

††Electronic address: alanfr@cbpf.br

‡‡Electronic address: naj@cbpf.br

A escolha da arquitetura compõe uma das principais etapas na elaboração de um projeto IoT. Através da mesma que se faz possível sumarizar todas as tecnologias que serão abordadas e como irão se comunicar para entregar a solução do problema trabalhado. Nesse projeto, optou-se por utilizar uma estrutura de arquitetura IoT (Figura 1), composta por duas camadas: dispositivos e nuvem. Na primeira estão os microcontroladores conectados aos sensores de interesse, esses dispositivos por sua vez se conectam à segunda camada com o servidor local do NIB através do protocolo *HTTP*, onde está hospedado o banco de dados *InfluxDB* e, por fim, uma interface gráfica com os dados coletados para usuários.

2.2. Equipamentos Utilizados

2.2.1. Módulo com o Microcontrolador

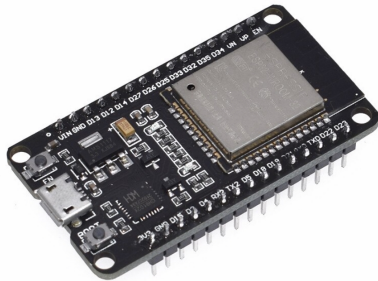


Figura 2: Módulo com o microcontrolador ESP32

O ESP32 é baseada no chip Espressif ESP32 [4], é um microcontrolador de alto desempenho que suporta comunicação Wi-Fi e Bluetooth. A placa contém funções como GPIO, ADC, DAC, UART, I2C, SPI, interface PWM e uma porta USB para programação. É uma placa de desenvolvimento versátil, amplamente utilizada em projetos de IoT, automação residencial e robótica.

2.2.2. Módulo com o Sensor Ultrassônico



Figura 3: Sensor de distância HCSR04

O módulo possui um sensor de distância ultrassônico para medir a distância até objetos próximos (Figura 3). Emite ondas ultrassônicas que viajam em direção aos objetos e, em seguida, recebe as ondas refletidas para calcular distâncias. Tem amplo uso em robótica, sistemas de automação, carros autônomos e muitas outras aplicações em que a medição de distância é necessária. Tem uma faixa de medição de até 4 metros e uma precisão de 3 mm [5]. Pode ser alimentado por uma fonte de 5V e de simples integração em projetos eletrônicos. Ele pode ser programado para enviar um sinal de alerta quando uma certa distância é atingida, tornando-se uma ferramenta útil para evitar colisões e navegação automática.

2.2.3. Módulo com o Sensor de Presença

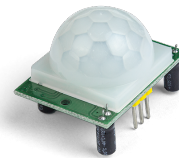


Figura 4: Sensor de movimento HCSR501

Este módulo é composto por uma lente, um filtro infravermelho, um sensor infravermelho passivo e um circuito de processamento de sinal (Figura 4). É usado em sistemas de segurança, iluminação automática e outras aplicações que requerem detecção de movimento. O Alcance de detecção é de até 7 metros e ângulo de detecção de 120 graus. Quando um objeto em movimento é detectado, o sensor envia um sinal elétrico que pode ser usado para ativar um dispositivo. Pode ser ajustado de acordo com diferentes níveis de sensibilidade e tempo.

2.2.4. Módulo com o Sensor de Umidade e Temperatura

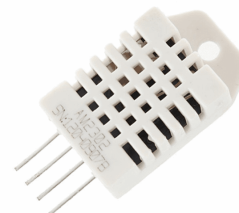


Figura 5: Sensor de temperatura e umidade DHT22

O sensor digital de temperatura e umidade (Figura 5) capaz de medir temperaturas entre -40°C e 80°C e umidade relativa entre 0% e 100% [6]. Geralmente utilizado em aplicações que requerem medição precisa de temperatura e umidade, como sistemas de ar condicionado, agricultura, sistemas de automação industrial, etc. Composto por um sensor de temperatura e um sensor de umidade e possui 8 bits de resolução. Opera em uma faixa de tensão de alimentação de 3 V a 5,5 V CC, consegue fornecer leituras de temperatura com precisão de $0,1^{\circ}\text{C}$ e leituras de umidade com precisão de 0,1%. Eles podem ser programados para fornecer um alerta quando a temperatura ou umidade exceder certos limites, tornando-os uma ferramenta útil para monitoramento do clima, além de possuir outras aplicações.

2.2.5. Módulo com o Sensor de Temperatura



Figura 6: Sensor de temperatura DS18B20

Dispositivo capaz de medir temperaturas (Figura 6) entre -55°C e 125°C com uma precisão de $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ [7]. Amplamente utilizado em ocasiões que requerem medição de temperatura, como ar condicionado, refrigeração, sistemas de aquecimento, etc. Consiste em um sensor de temperatura, um conversor analógico-digital e uma interface serial de fio único, o que torna a leitura e a comunicação com o sensor relativamente simples. Ele pode operar de 3V a 5,5V DC e pode fornecer leituras de temperatura com precisão de até 12 bits.

2.2.6. Módulo com o Sensor de Luminosidade

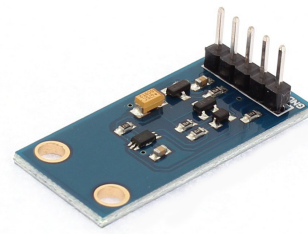


Figura 7: Sensor de luminosidade GY-30

O sensor de luz digital que pode medir a intensidade da luz ambiente em unidade lux (Figura 7). Um diodo emissor de luz e um amplificador para detectar a luz ambiente e convertê-la em uma saída digital. Seu modo compacto, econômico e relativamente fácil de usar, o torna uma escolha popular para prototipagem e projetos eletrônicos. Pode ser usado de 3 V a 5 V DC e possui uma faixa de medição de luz de 1 lux a 65.535 lux [8]. Além disso, pode se comunicar com sistemas microcontroladores por meio de uma interface de comunicação I2C. Ele pode ser programado para soar um alarme quando a intensidade da luz exceder um determinado limite, tornando-se uma ferramenta útil para controlar a iluminação em sistemas de automação residencial e outras aplicações.

2.2.7. Módulo com Sensor de Luminosidade



Figura 8: Sensor de luminosidade TEMT6000

O Sensor de Luz Ambiente TEMT6000 (Fototransistor NPN) conta com um sistema *breakout*, simplifica a

utilização de um componente específico, como o sensor de luz TSL2561. Ele pode incluir componentes adicionais que ajudam a simplificar o processo de utilização do sensor, aumentando a precisão e confiabilidade das medições, (Figura 8). Sua comunicação é feita por conversão A/D do pino de sinal (SIG) e a luz medida deve estar dentro do espectro visível, entre 390 nm e 700 nm [9].

2.2.8. Módulo com Sensor de Luminosidade

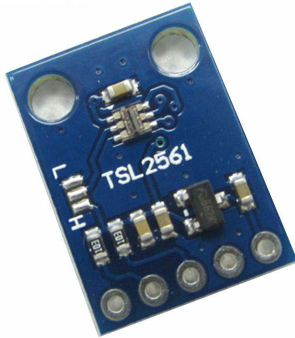


Figura 9: Sensor de luminosidade TSL-2561

O sensor de luminosidade TSL-2561 (Figura 9) possui precisão com ganhos ajustáveis e por isso pode chegar a um alcance de 0.1 a 40 mil lux. Esse dispositivo possui alimentação de 2.7V a 3.6V com interface de comunicação I2C [10].

2.2.9. Módulo com o Sensor de Infravermelho

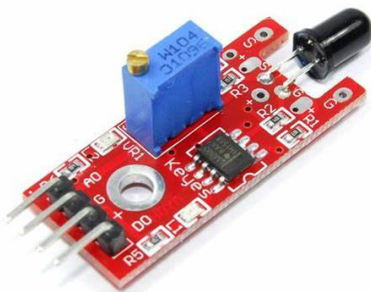


Figura 10: Sensor de chamas KY-026

O módulo KY-026 (Figura 10), é um sensor de infravermelho voltado para detecção de chamas, baseado na leitura de ondas eletromagnéticas na faixa do infravermelho (>1.1

μm), para isso utiliza o diodo infravermelho YG1006. Ele funciona na faixa de alimentação de 3.3V e 5V, além disso, possui um pino digital e um analógico que podem ser utilizados juntos para maior acurácia [11].

2.2.10. Módulo com Sensor de Radiofrequência

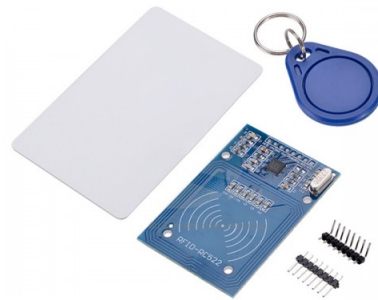


Figura 11: Identificador de tag por radiofrequência RFID-RC522

O módulo RFID-RC522 possui tecnologia de identificação por radiofrequência que permite a leitura e gravação de informações em cartões e tags RFID (Figura 11). É alimentado por 3,3V, usa o protocolo de comunicação SPI e funciona por meio de uma antena que transmite e recebe sinais de rádio.

2.2.11. Módulo com Buzzer Ativo



Figura 12: Atuador de Som

O *buzzer* é um atuador sonoro baseado no efeito piezoelétrico (Figura 12), ou seja, sua célula interna vibra

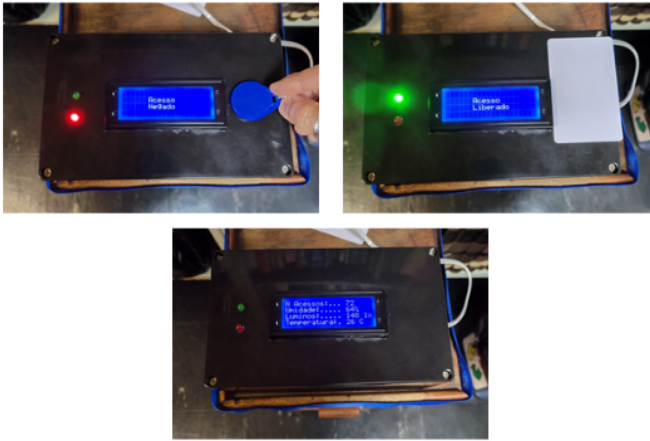


Figura 16: Controle de acesso com RFID, Buzzer e Display LCD

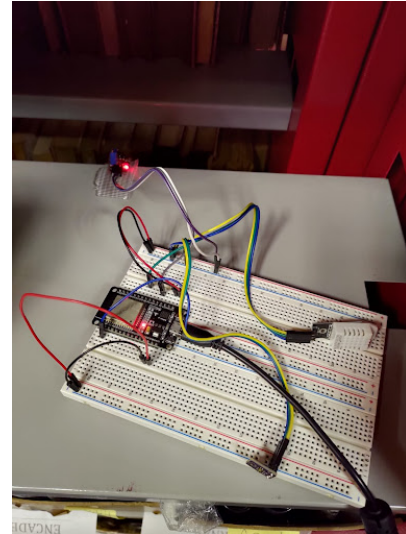


Figura 19: Sensores de umidade/temperatura, fogo e luminosidade colocados em uma protoboard e ligados ao ESP32

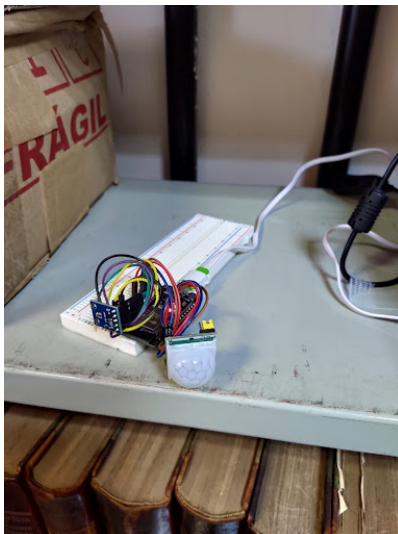


Figura 17: Sensores de luminosidade e presença em uma protoboard posicionados na estante 5



Figura 20: Sensor de Temperatura alocado na lateral da estante 2



Figura 18: Sensores de luminosidade e distância integrados diretamente no microcontrolador.

No ESP-A localizado junto à entrada do local (Figura 16), foram posicionados o sensor de acesso, para liberação do acesso à sala, o emissor de som, que atua em caso de liberação ou não do RFID, e um display LCD que exibe os dados dos sensores presentes no local e a liberação de acesso. O ESP-B (Figura 17) possui o sensor de presença posicionado estrategicamente após a porta e o sensor de luminosidade (TSL2561). Alocado próximo à janela, o ESP-C (Figura 18) possui os sensores de distância e luminosidade (GY-30). Posicionados na estante 2, O ESP-D (Figura 19) possui a maior quantidade de sensores, sendo eles: luminosidade (TEMT6000), umidade/temperatura e fogo, no ESP-E (Figura 20) o sensor de temperatura foi utilizado para comparativo com as medições do DHT22.

Posteriormente, tornou-se possível realizar a coleta de da-

dos para verificar se os microcontroladores, sensores e atuadores colaboraram com o monitoramento eficaz da sala de obras raras.

3. Resultados

Após a instalação dos sensores na sala de obras raras, os dados começaram a ser coletados e enviados para o banco de dados *InfluxDB*, onde foram exibidos em um *Dashboard* para uma melhor análise, conforme mostrado na Figura 21. Os dados referentes aos sensores de luminosidade, distância, umidade e temperatura são apresentados em formato gráfico, enquanto os sensores de presença e fumaça são representados em forma de alerta, os quais estão dispostos na tela do computador do responsável pelo controle da sala. A presença de pessoas no ambiente é sinalizada pelo número 1 e a ausência pelo número 0. Em caso de incêndio, o número 1 é exibido, caso contrário, é exibido o número 0.

3.1. Sensor de distância

O sensor ultrassônico de distância é um dispositivo que funciona através da emissão e recepção de ondas sonoras. Composto por dois componentes, o emissor e o receptor, o sensor emite uma onda sonora que reflete no objeto e retorna ao receptor, permitindo a medição da distância entre o sensor e o objeto. No entanto, qualquer objeto que se aproxime do sensor, incluindo aqueles que estão fora da sala de Obras Raras, pode causar interferência nos dados coletados, gerando ruídos na leitura. Além disso, como o sensor está localizado próximo à janela, é mais suscetível à interferência externa. Esses fatores podem explicar os picos de ruído presentes nos dados coletados, como mostrado na Figura 23, que representa os dados coletados entre os dias 08/02/2023 e 26/02/2023. Os picos correspondem aos momentos em que a porta da sala de Obras Raras foi aberta e o sensor detectou a presença de indivíduos ou objetos externos.

3.2. Sensor de umidade

Os livros devem ser mantidos em ambientes com níveis adequados de temperatura e umidade relativa do ar para evitar a proliferação de microrganismos, como fungos, responsáveis pela formação de bolor e mofo. O CBPF está localizado na cidade do Rio de Janeiro, sendo uma cidade litorânea que apresenta altos índices de umidade, especialmente no verão, período ao qual os dados foram coletados. A faixa de umidade relativa do ar ideal para manter os livros bem conservados está entre 40% e 60% [13]. No entanto, é possível observar na Figura 24 que mostra a variação da umidade ao longo do tempo (coletada entre os dias 08/02/2023 e 26/02/2023) que a umidade está acima do recomendado, variando entre 60% e 73%. É importante destacar que os valores

máximos ocorrem durante a noite, o momento em que o ar condicionado central do prédio é desligado.

3.3. Sensor de temperatura

Também de acordo com Chang et al. [13], a temperatura adequada para o ambiente deve ser entre 20°C e 26°C. É visível no gráfico da Figura 25 de variação de temperatura que o sensor DHT22 apresentou temperaturas mais próximas do valor ideal, enquanto o Dallas18B22 marcou temperaturas mais elevadas. Isso ocorre pelo fato de que este último sensor está localizado em cima da estante de livros, enquanto o outro está mais próximo ao chão. Quanto maior a elevação em relação ao chão, maior a temperatura devido às correntes de convecção. É perceptível que as maiores temperaturas ocorrem durante a noite, também devido ao desligamento do ar condicionado central. Vale também ressaltar que os dados foram obtidos durante o verão, que naturalmente já é uma temporada que apresenta valores mais elevados de temperatura.

No dia 26/02/2023, a cidade do Rio de Janeiro (local onde fica Sediado o CBPF) registrou sensação térmica de 56,9°C [14]. Essa escalada na temperatura é perceptível ao analisarmos o sensor DHT22 entre os dias 18/02/2023 e 26/02/2023, conforme a Figura 26.

Por fim, a coincidência dos dados de temperatura neste relatório é mais curta do que em outros dispositivos, como o de luminosidade. Infelizmente, o sensor Dallas parou de responder no dia 13/02/2023. Dessa forma, dispomos de comparação disponível apenas até essa data.

3.4. Sensor de luminosidade

Assim como mencionado na introdução [1],[2], a luz provoca envelhecimento precoce/acelerado da celulose por processos de fotodegradação, rompendo a estrutura da fibra do papel. Não existe um tipo de luz que não seja agressiva aos acervos, o que é necessário é o cuidado constante com a incidência luminosa para evitar que esta seja a causa do problema. No entanto, é preciso haver alguma incidência luminosa sobre as obras para que o ambiente não seja propício ao surgimento de fungos. Apesar de variar de papel para papel e também variar devido ao tempo de exposição, estudos indicam que a quantidade de luz incidente média não pode exceder 150 lux [15] para matérias sensíveis à luz, como papel.

No ambiente de Obras Raras, foram instalados três sensores de luminosidade. Analisando a Figura 22, que apresenta os dados coletados entre os dias 08/02/2023 e 26/02/2023, é possível observar que o GY-30 apresenta maior intensidade de detecção luminosa, visto que à sua localização, conforme a figura 14, é a mais próxima da janela

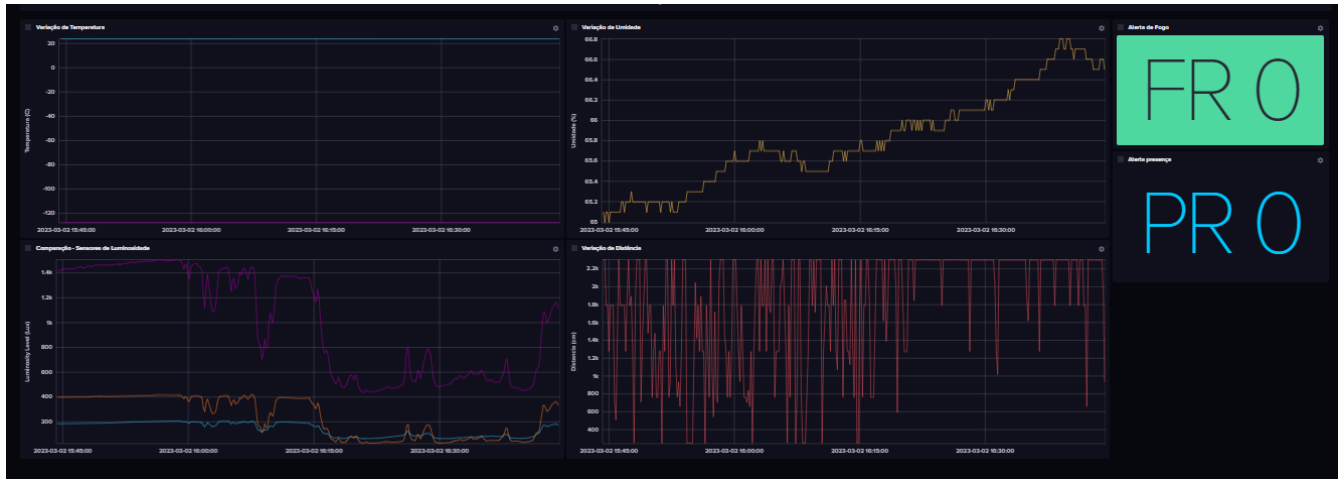


Figura 21: Dashboard dos sensores instalados na sala de Obras Raras.

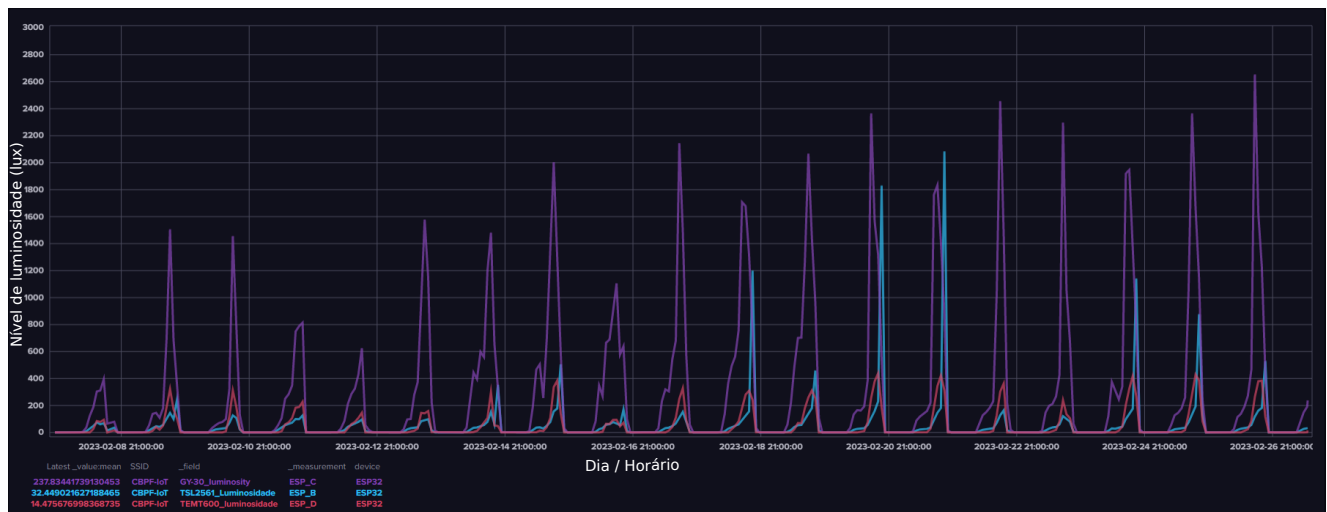


Figura 22: Luminosidade no interior da sala de Obras Raras.

e assim ocasionando à alta incidência de luz solar direta. Durante a noite, a incidência luminosa é nula e a partir das 07:00h ela aumenta, indicando que a principal fonte de luz naquele ambiente é a luz solar.

4. Discussão

Como mencionado na introdução, o objetivo do projeto era supervisionar o ambiente e o acesso à Sala de Obras Raras do CBPF, utilizando o conceito de IoT, automatizando os processos por meio da implementação de sensores e atuadores diversos e estabelecendo uma efetiva comunicação com a nuvem de banco de dados.

Existem diversos problemas de preservação que foram identificados na sala, tais como flutuações na temperatura do ambiente - apesar de, na maioria das vezes, estar próximo do ideal - e em alguns momentos exceder a temperatura ideal, a umidade e a luminosidade do ambiente, que em alguns dias excede o recomendado para a preservação de papéis e documentos.

Desse modo, este trabalho sugere diversas mudanças para a preservação dessas obras, baseadas no monitoramento efetuado nos últimos dias. Entre as mudanças mais diretas, está deixar o ar condicionado do local funcionando continuamente para controlar a temperatura e a umidade do espaço. Adicionalmente, sugere-se o uso de desumidificadores nesse ambiente, especialmente nas temporadas de verão e chuva, para garantir que a umidade esteja dentro do ideal.

Outra mudança simples que poderia ser feita é a instalação de filtros ou polarizadores nas janelas para impedir a incidência direta de alguns tipos de radiação solar, como a ultravioleta, por exemplo. Alternativamente, pode-se optar por bloquear completamente a incidência de radiação solar na sala e utilizar apenas iluminação artificial.

Embora o projeto tenha sido bem-sucedido, ocorreram diversos problemas de implementação nas primeiras etapas. Houve problemas com o sensor de chamas, que é ressaltar que esse sensor é bastante sensível à incidência de radiação infravermelha, e deve ser posicionado em regiões onde a

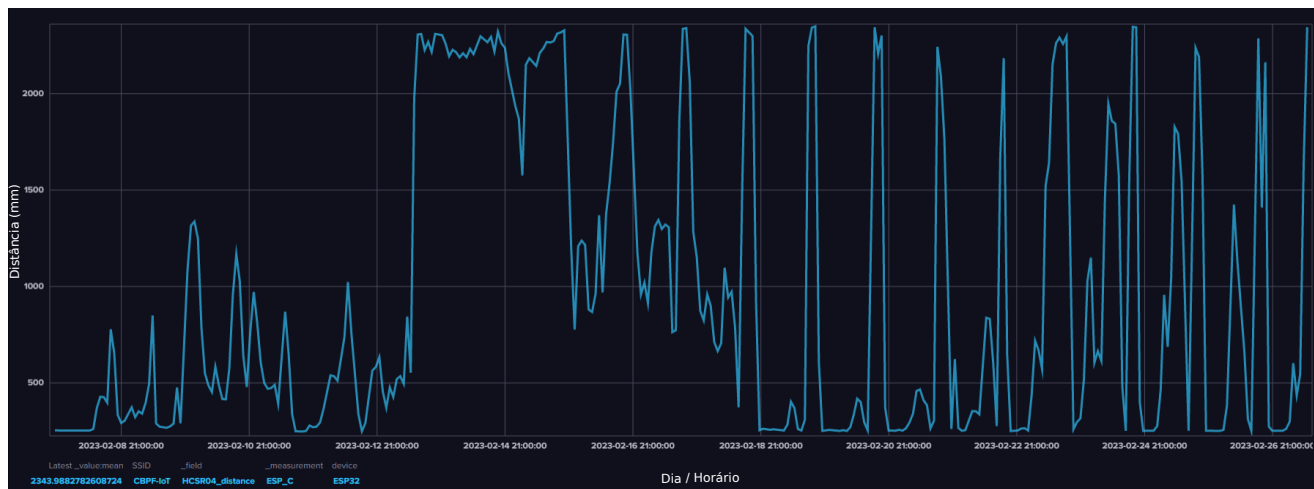


Figura 23: Distância em relação ao sensor.

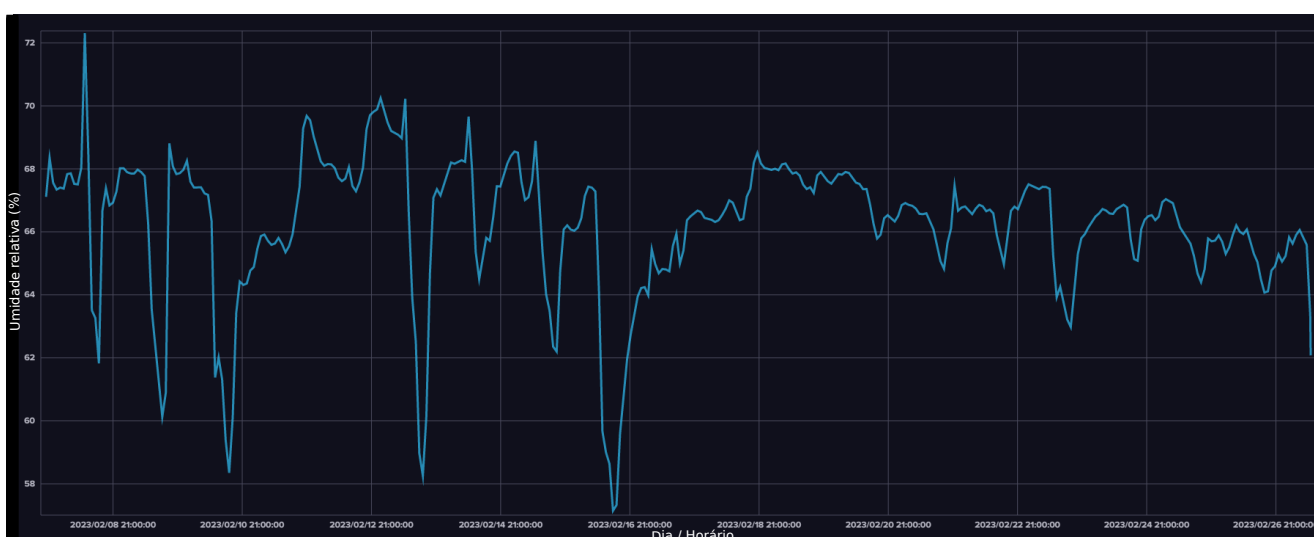


Figura 24: Umidade relativa do ar no interior da sala de Obras Raras.

luz não incida diretamente, para evitar que o sensor forneça um falso alerta devido à incidência de luz solar ou com a utilização de controles remotos que funcionam a base de infravermelho.

Além disso, planejou-se usar o sensor de presença RCWL0516, que opera por frequências de micro-ondas em uma implementação simples de um radar Doppler. O circuito no chip processa o sinal e emite uma tensão analógica que é proporcional à distância entre o objeto e o sensor. Porém, o sensor apresentou problemas de funcionamento relacionados ao fato de só operar quando o ESP32 não enviava informações para a rede. A proposta de usar o RCWL0516 era conflitar os dados dele com HCSR501 para obter informações mais precisas sobre o acesso indevido ao espaço.

Por fim, neste trabalho, é apresentado um recorte muito pontual das condições da sala. Diversas mudanças precisam ser implementadas para otimizar o processo. A primeira é o

tempo de coleta de dados. Uma análise mais acurada dessas condições necessitaria de dados do ano todo para avaliar melhor como a temperatura, a umidade e a luminosidade mudam com as nuances de cada estação. Para estudar melhor o impacto de cada região, seria interessante instalar mais sensores para medir a temperatura e a luminosidade nas prateleiras, até mesmo criar alertas no *Dashboard* para avisar se um sensor parar de funcionar, para que possa ser rapidamente trocado. Além, claro de proteção para os sensores.

5. Conclusão

Nos resultados, a umidade relativa do ar está acima do recomendado. Uma das soluções propostas é o acionamento do ar condicionado central também durante o período da noite, além do uso de desumidificadores para garantir o controle de seus níveis. A temperatura do ambiente monitorado não parece ser o fator de maior impacto sobre os livros, uma vez que não difere muito da temperatura adequada, exceto

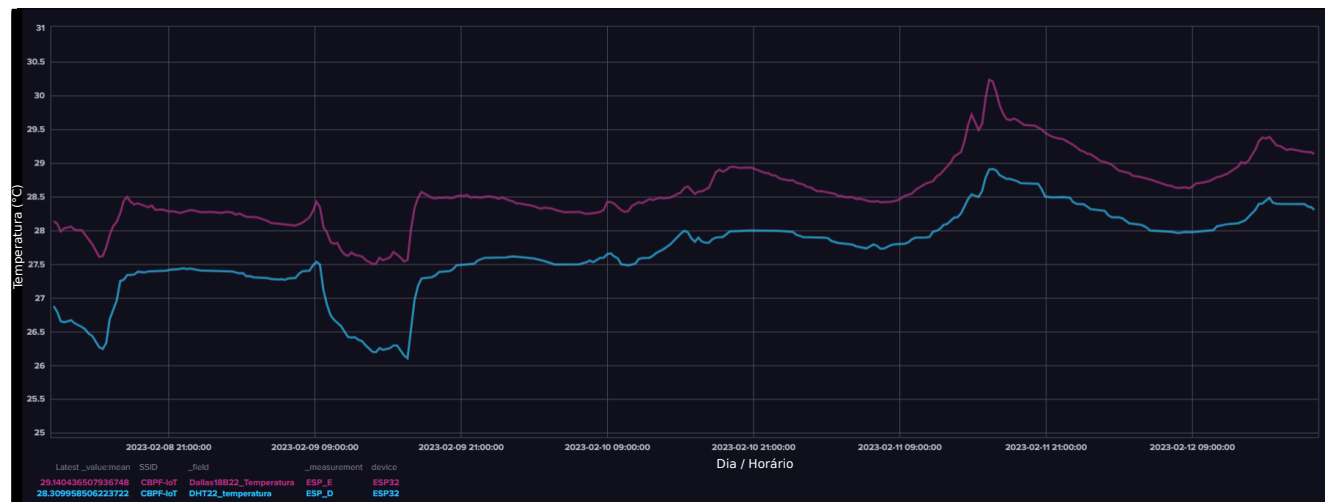


Figura 25: Temperatura no interior da sala de Obras Raras.

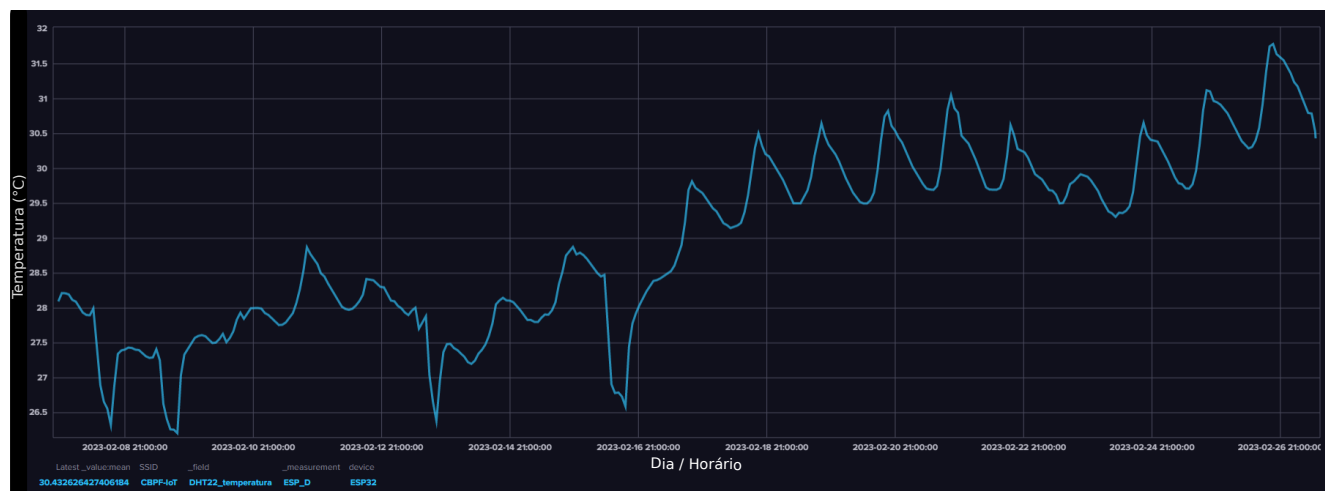


Figura 26: Temperatura no interior da sala de Obras Raras medida apenas pelo sensor DHT22.

durante o período da noite. Dessa forma, com a aplicação da solução proposta para a umidade, a temperatura durante o período de pico também diminuiria. Em relação à luminosidade, devido à proximidade da janela, pode-se concluir que as obras ficam submetidas a condições que podem acelerar a degradação do papel, dependendo do dia. Portanto, é necessário a instalação de um filtro ou polarizador nas janelas, ou mesmo optar por usar apenas iluminação artificial nesse espaço para preservar o material.

Em suma, tendo em vista o quanto estas obras são, de fato, afetadas por fatores naturais, com a implementação bem sucedida dos sensores para monitorar a sala, uma ferramenta a mais de monitoramento para os funcionários da biblioteca. Com eles, fica menos necessária a intervenção humana direta no local, além de ser mais preciso e de alertar incidentes como incêndios e entradas não autorizadas. Outrossim, como todos esses dados são enviados à nuvem, podem ser feitas outras aferições a respeito do local, como

horário que a luminosidade é mais forte, ou em que época do ano é mais necessário o cuidado com a umidade.

Dessa forma, apesar das dificuldades já apresentadas, o projeto teve sucesso em seu objetivo principal de monitorar a sala de obras raras do NIB no CBPF. Assim, sendo de interesse uma implementação mais definitiva, existem diversos aprimoramentos que podem ser feitos, tanto para facilitar a manutenção quanto para melhorá-la. Dentre eles estão: proteger os microcontroladores, usar os dados obtidos pelos sensores para automatizar avisos, por exemplo, para não ser necessária observação constante desses dados e implementar mais sensores para ter mais precisão nas medidas.

A segurança é um ponto a mais a ser discutido mais adiante. No caso do projeto em questão, tudo foi implementado usando rede local, terceiros com acesso a essa rede pode explorar um ponto de vulnerabilidade e acessar dados confidenciais de outros pesquisadores na rede do CBPF. Segurança envolvendo dispositivos IoT já é um assunto amplamente dis-

cutido atualmente. [16]

A implementação de tal projeto, apesar de tudo, ilustra bem como IoT pode ser usado para automatizar um espaço. Sendo aqui um exemplo de como essa tecnologia foi empregada para melhorar a segurança do local evitando e de-

tectando acessos indevidos a sala. E como pode ser usado para colher informações locais sobre condições do espaço para que possam ser analisados e usados para tomar decisões para otimizar a gestão de diversos ambientes, assim como feito nesse trabalho.

-
- [1] COSTA, M. F. Noções básicas de conservação preventiva de documentos. *Centro de Informação Científica e Tecnológica, Biblioteca de Manguinhos, Laboratório de Conservação Preventiva de Documentos*, 2003.
- [2] HISTORY, A. M. of N. *Preserving Personal Books and Papers*. Disponível em: <<https://www.amnh.org/research/research-library/conservation/preserving-personal-books-and-papers>>.
- [3] RWTH Aachen University. *Phyphox*. Disponível em: <<https://phyphox.org/>>.
- [4] Espressif Systems. *Documentação oficial do ESP32*. 2021. Disponível em: <<https://docs.espressif.com/projects/espressif/en/latest/esp32/>>.
- [5] Sparkfun Electronics. *Ultrasonic Sensor HC-SR04 Datasheet*. 2015. Disponível em: <<https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Proximity/HCSR04.pdf>>.
- [6] Sparkfun Electronics. *AM2302/DHT22 Digital Temperature and Humidity Sensor Module Datasheet*. 2015. Disponível em: <<https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Temperature/DHT22.pdf>>.
- [7] Maxim Integrated. *DS18B20 Programmable Resolution 1-Wire Digital Thermometer*. 2019. Disponível em: <<https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/DS18B20.pdf>>.
- [8] Keyes. *GY-30 BH1750FVI Digital Light Intensity Sensor Module*. 2012. Disponível em: <<https://datasheet4u.net/datasheet-pdf/667623/Keyes/GY-30-BH1750FVI-Digital-Light-Intensity-Sensor-Module-datasheet.html>>.
- [9] Vishay Semiconductors. *TEMT6000 Ambient Light Sensor*. 2010. Disponível em: <<https://www.vishay.com/docs/81579/temt6000.pdf>>.
- [10] Adafruit Industries. *TSL2561 Datasheet*. 2013. Disponível em: <<https://cdn-learn.adafruit.com/assets/assets/000/045/867/original/TSL2561.pdf?1396799695>>.
- [11] SainSmart. *KY-026 Flame Sensor Module*. 2017. Disponível em: <<https://www.sainsmart.com/products/ky-026-flame-sensor-module>>.
- [12] SYSTEMS, E. *ESP-AT Command Set Documentation*. 2021. Disponível em: <<https://docs.espressif.com/projects/espressif/en/latest/esp32/ATbinaryLists/ESP32ATbinaries.html>>.
- [13] CHANG HUI-CHEN LEE, Y.-K. K. Y.-Y. S. B.-L.; CHEN, C.-T. Adequate temperature and humidity for books and people in a library. In: *Proceedings of 2013 International Conference on Technology Innovation and Industrial Management*. Phuket, Thailand: [s.n.], 2013. p. 52–72.
- [14] PREFEITURA, R. *Sensação térmica chega a 56,9°C no último dia de folia na cidade do Rio*. 2023. Disponível em: <<https://cor.rio/sensacao-termica-chega-a-569c-no-ultimo-dia-de-folia-na-cidade-do-rio/>>.
- [15] CONGRESS, L. of. *Collections Care*. Disponível em: <<https://www.loc.gov/preservation/care/light.html>>.
- [16] ABIODUN, O. I. et al. A review on the security of the internet of things: Challenges and solutions. *Wireless Personal Communications*, Springer Science and Business Media LLC, v. 119, n. 3, p. 2603–2637, mar. 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s11277-021-08348-9>>.