

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS
ESCOLA POLITÉCNICA / ENGENHARIA ELÉTRICA
Trabalho Final de Curso

Nádia Camila dos Santos Faria
Wedes de Oliveira Soares

GERENCIAMENTO REMOTO DA CLIMATIZAÇÃO DE *DATA CENTER* VIA IOT

Trabalho Final de Curso como parte dos requisitos para obtenção do título de bacharel em Engenharia Elétrica apresentado à Pontifícia Universidade Católica de Goiás.

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Marcos Antônio de Sousa – Orientador. POLI-PUC Goiás.
Prof. Dr. Bruno Quirino de Oliveira – Avaliador. POLI-PUC Goiás.
Prof. Dr. Antônio Marcos de M. Medeiros – Avaliador. POLI-PUC Goiás.

Goiânia, 1 de dezembro de 2021.

Gerenciamento remoto da climatização de *data center* via IoT

WEDES DE OLIVEIRA SOARES, NÁDIA CAMILA DOS SANTOS FARIA, MARCOS A. SOUSA

Abstract— This work presents the development of a system for monitoring and managing the climate via IoT with the objective of inspecting the temperature and humidity in a small data center. The system allows the analysis of inputs (sensor data) and results in the transmission of collected information via WiFi to the IoT Cloud, making it possible to predict future scenarios, in order to also allow for the control of the temperature of the environment. Two lines of development are outlined. In the first, studies are aimed at obtaining an on-board air temperature and humidity monitoring system that is efficient and has a high accuracy rate. In the second, the studies contemplate the implementation of a temperature control system for the data center, also with remote management. The performance of the developed systems is checked through tests that reproduce real operating situations. The evaluated scenarios include the analysis of the system from data collection in the monitored environment to the mobile user interface. The results achieved for various events are presented and discussed.

Keywords – IoT, arduino, MKR WiFi 1010, data center, monitoring, management, control, data analysis, air conditioning.

Resumo – Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um sistema de monitoramento e gerenciamento da climatização via IoT com o objetivo de vistoriar a temperatura e umidade em *data center* de pequeno porte. O sistema permite a análise de *inputs* (dados de sensores) e resulta na transmissão das informações coletadas via WiFi para a nuvem IoT *Cloud*, tornando possível a previsibilidade de cenários futuros, a fim de permitir também o controle de temperatura do ambiente. Duas linhas de desenvolvimento são delineadas. Na primeira, os estudos estão direcionados para a obtenção de um sistema embarcado de monitoramento de temperatura e umidade do ar eficiente e com alto índice de acerto. Na segunda, os estudos contemplam a implementação de um sistema de controle de temperatura para *data center*, também com gerenciamento remoto. O desempenho dos sistemas desenvolvidos é conferido por meio de testes que reproduzem situações reais de operação. Os cenários avaliados contemplam a análise do sistema desde a coleta de dados no ambiente monitorado até a interface mobile do usuário. Os resultados alcançados para diversos eventos são apresentados e discutidos.

Palavras-chave – IoT, arduino, MKR WiFi 1010, *data center*, monitoramento, gerenciamento, controle, análise de dados, climatização.

I. INTRODUÇÃO

O acelerado crescimento tecnológico e, conseqüente, informatização de processos, possibilitou enormes avanços operacionais nas empresas, nos mais variados setores da

economia. Particularmente, no setor industrial, a produção de hardwares cada vez mais eficientes e baratos criaram um ambiente propício ao desenvolvimento de grandes sistemas baseados em IoT (*Internet of Things* – Internet das Coisas), com a implantação de redes de comunicação mais rápidas, abrangentes e eficientes.

Internet das Coisas (IoT) está mudando e transformando tudo, desde negócio-negócio para pessoa-pessoa. IoT pode ser vista com uma tecnologia avançada que fornece a capacidade de se comunicar os dados na rede sem qualquer intervenção humana [1].

Com a crescente adoção da IoT, dispositivos conectados estão presentes em todos os aspectos da vida moderna, desde agricultura, saúde e fitness, passando pela automação residencial, automotiva e de logística, chegando às cidades inteligentes e à IoT industrial [1].

É importante ressaltar que, a Internet das Coisas se refere à integração de objetos físicos e virtuais em redes conectadas à Internet. Esta estrutura permite que “coisas” colem, troquem e armazenem informações a respeito do meio que estão inseridas. Estes cenários possibilitam a geração de grandes volumes de dados que podem estar sendo coletados em tempo real, através de sensores. Estes dados gerados, uma vez processados e analisados, geram informações e serviços em escala inimaginável [2].

Em particular, a adoção de soluções IoT para sistemas de monitoramento e controle de ambientes está aumentando constantemente. Com o monitoramento da temperatura e umidade do ar, por exemplo, é possível avaliar quando alguma máquina que faz o resfriamento de um determinado ambiente não está funcionando corretamente. Com uma rede de sensores é possível perceber quando os valores de temperatura e umidade estão fora dos padrões estabelecidos. Ao inserir o gerenciamento nesse meio possibilita o controle desses recursos de forma remota.

Diante de tal contexto este artigo tem como objetivo desenvolver uma alternativa de baixo custo, de software e hardware livres, que possibilite o monitoramento e gerenciamento da temperatura ambiente para aplicação em salas de equipamentos, possibilitando o monitoramento remoto e a notificação de eventuais anormalidades no controle automatizado de temperatura em *data centers*. O presente estudo justifica-se pela possibilidade de criar um sistema de monitoramento em tempo real em que se busca um resultado favorável na prevenção de possíveis problemas maiores com os equipamentos de computação. Afinal, quanto mais rápido se descobre a mudança de valores de temperatura e umidade do ar do ambiente monitorado, para cenários críticos de operação, melhor pode ser programada a ação corretiva.

Nas seções seguintes serão detalhadas as etapas de construção do sistema monitoramento da climatização de *data center* utilizando uma plataforma IoT. A seção II

descreve os elementos necessários para desenvolvimento do projeto: *data center* para pequenas empresas, IoT para sistemas de monitoramento e gerenciamento remoto e trabalhos correlatos. O protótipo do sistema desenvolvido é detalhado na seção III, com destaque para o processo de implementação computacional. Os resultados mais relevantes das simulações computacionais realizadas, juntamente com as suas discussões, podem ser conferidos na seção IV. Por fim, a seção V descreve as conclusões gerais sobre este trabalho de conclusão de curso.

II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A Internet das Coisas pode ser vista como uma extensão da Internet atual e que proporciona, em quaisquer que sejam os objetos do dia a dia, capacidade de comunicação com a Internet. A conexão com a rede mundial de computadores viabiliza controlar remotamente os objetos e, além disso, permitir que os próprios objetos sejam acessados como provedores de serviços [2].

Uma das áreas que se relaciona à aplicação da Internet das Coisas é a área de monitoramento e gerenciamento da climatização, o que sugere um uso adequado e consciente dos recursos disponíveis [3]. E uma das áreas que requer constante monitoramento e gerenciamento é a área de *data centers* que nada mais são do que equipamentos eletrônicos utilizados para processamento de dados (servidores), armazenamento de dados (equipamentos de armazenamento) e comunicações (equipamentos de rede) [4].

Nesta seção destacam-se os fundamentos teóricos que orientam o processo de desenvolvimento do sistema proposto neste trabalho. São descritos os elementos que compõem um *data center* para pequenas empresas, sistemas de monitoramento e gerenciamento remoto e IoT para monitoramento e gerenciamento de climatização.

A. Data Center para Pequenas Empresas

Data Center para Pequenas Empresas pode ser visto como o agrupamento de servidores em rede, normalmente usados por organizações para o armazenamento remoto, processamento, ou a distribuição de grandes quantidades de dados. Tecnologia da Informação (TI), entre muitas outras, necessitam de *Data Centers* para armazenar suas informações mais importantes e confidenciais.

Os *Data Centers* são responsáveis por toda a infraestrutura de Tecnologia da Informação, na maioria das empresas, independente do seu segmento de atuação. Para funcionarem adequadamente exigem o perfeito funcionamento dos vários subsistemas que o formam incluindo: segurança física, prevenção e combate contra incêndios, energia, infraestrutura de telecomunicações, climatização.

Em particular, no subsistema de climatização, deve-se garantir que a temperatura e a umidade do ambiente estejam em níveis aceitáveis para a operação dos sistemas de um *data center*, e principalmente que não haja oscilações que são extremamente prejudiciais ao funcionamento de qualquer equipamento.

Climatização de Data Center para pequenas empresas

É fundamental para os fabricantes de equipamentos de tecnologia da informação (ETI) aumentar a capacidade de processamento e melhorar a sua eficiência. Com uma demanda crescente de *data centers* necessários para abrigar

um número cada vez maior de servidores, estes sistemas têm se tornado consumidores significativos de energia. Todas as partes envolvidas, incluindo desde fabricantes de ETI, passando pelos fabricantes de infraestrutura física, e chegando aos projetistas e operadores destes *data centers*, têm se concentrado em reduzir o consumo de energia da parte não computacional da carga total de energia, ao mesmo tempo em que se procura garantir um ambiente confortável para operação de tais equipamentos.

B. Monitoramento e Gerenciamento de Temperatura

O monitoramento da temperatura ambiente em um *data center* tem como objetivo tratar e evitar a ocorrência de eventos críticos, como o superaquecimento por exemplo. Este processo é feito por meio do monitoramento e controle dos equipamentos de climatização e dissipação de calor dispostos na infraestrutura. Tendo em vista que os servidores possuem diversos componentes sensíveis a temperaturas elevadas o gerenciamento da temperatura em um *data center* é fundamental. Os equipamentos de TI de alto desempenho concentrados nos *data centers* podem em apenas alguns segundos ultrapassarem a temperatura limite definida por seus fabricantes, podendo superaquecer e comprometer os componentes e a disponibilidade dos servidores e suas aplicações. Segundo orientação da ASHRAE (*American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers*) que é uma associação americana de engenheiros de aquecimento, refrigeração e condicionador de ar onde recomendam como temperatura ideal na entrada de ar dos equipamentos críticos de TI esteja entre 18° C e 27° C [5].

C. Monitoramento da Umidade do Ar

O hardware instalado em *data centers* pode não suportar condições extremas de operação, com muita ou pouca umidade do ar. Um ambiente com umidade alta demais pode condensar água dentro dos servidores, causando, por exemplo, a oxidação de componentes metálicos. Um ambiente com umidade baixa demais gera carga eletrostática que pode queimar componentes eletrônicos das máquinas. Ambas as condições podem ter um impacto significativo e podem causar danos a computadores e equipamentos em *data centers*. Portanto, tão importante quanto realizar adequadamente o monitoramento da temperatura é de suma importância o monitoramento da umidade do ar nestes ambientes. Além disso, a ASHRAE recomenda que a umidade relativa do ar esteja entre 40 e 55% [5].

D. Sistemas de Monitoramento e Gerenciamento Remoto

O objetivo principal de um sistema de monitoramento e gerenciamento remoto é permitir ao usuário o poder de acompanhar à distância os parâmetros de funcionamento do ambiente monitorado e, caso necessário, atuar sobre ele para corrigir eventuais anomalias. A Figura 01 apresenta a topologia com os principais elementos de um sistema de monitoramento e gerenciamento remoto baseado em IoT que pode ser utilizado para acompanhar os níveis de temperatura e umidade do ar em um *data center*.

Com um módulo de monitoramento remoto o usuário pode realizar instruções que envolvem por exemplo a utilização de uma interface interativa que possibilita atividade de alerta inteligente precoce.

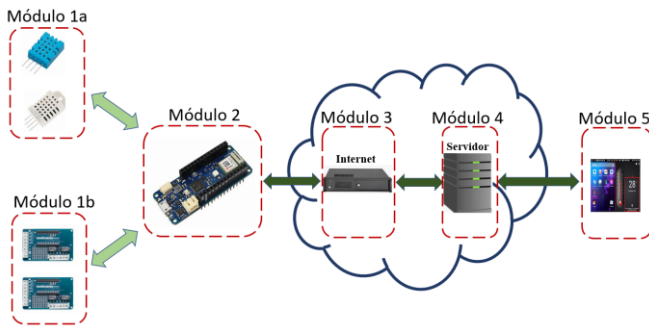


Figura 01. Monitoramento e gerenciamento remoto baseado em IoT.

- **Módulo 1a – IoT de Coleta de Dados:** utilizado para obter informações do mundo físico, sendo composto de dispositivos sensores, em geral com limitado poder de processamento.
- **Módulo 1b – IoT de atuadores:** utilizado para executar operações de correção no sistema monitorado, para aquelas situações em que o monitoramento percebe uma anomalia na operação do sistema. No sistema desenvolvido neste trabalho, este módulo tem como objetivo atuar na rotina de operação das máquinas de condicionamento de ar.
- **Módulo 2 - IoT Local de Gerenciamento de Dados:** este módulo é composto por microcontroladores e periféricos mínimos para seu funcionamento. Atuam como elementos concentradores que interligam os sensores e atuadores locais a redes mais amplas, sendo responsável por receber as informações dos sensores e transmitir para um servidor em nuvem através de uma conexão com a internet.
- **Módulo 3 - Comunicação com a Internet:** para a conexão de um sensor IoT e ou qualquer dispositivo controlador à um serviço de processamento em nuvem é necessário um sistema de comunicação que permita que os dados possam ser enviados e recebidos para um servidor remoto. O módulo de comunicação com a internet é responsável por esta atividade, possibilitando a consulta do estado das variáveis monitoradas em tempo real pelo usuário.
- **Módulo 4 - Computação em Nuvem (cloud):** os dados coletados por meio de dispositivos IoT podem ser armazenados e processados em grandes data centers. Toda a capacidade, além da flexibilidade e da mobilidade necessárias, fica sob a responsabilidade das empresas provedoras, totalmente dedicadas a isso — o que possibilita a redução de custos e agregar segurança da informação (confiabilidade, disponibilidade e integridade), entre outros benefícios.
- **Módulo 5 - Monitoramento Mobile:** o processo de armazenamento dos dados coletados dos sensores na nuvem cria oportunidades para o gestor acessar estas informações a qualquer hora e de qualquer lugar. O módulo de monitoramento mobile possibilita esta flexibilidade de gestão por parte do cliente. O desenvolvimento deste módulo exige a implementação de aplicativos de interface amigável para aparelhos portáteis como os tablets e os smartphones. Podem ser desenvolvidos para diversas plataformas operacionais, sendo as duas principais o IOS da empresa Apple e o Android pertencente à empresa Google.

E. IoT para Monitoramento e Gerenciamento de Climatização

A Internet das coisas (IoT) pode ser vista como uma rede de vários dispositivos distintos, que se comunicam entre si através da Internet, permitindo que “coisas” colem, troquem

e armazenem informações a respeito do meio que estão inseridas. Com IoT é possível acessar remotamente dados de monitoramento e gerenciamento que são obtidos através de sensores. Tais sistemas supervisórios são de grande importância, tomando como exemplo o monitoramento e controle de temperatura e monitoramento da umidade no ambiente para *data centers*.

Plataformas Embarcadas para IoT

Sistemas embarcados podem ser vistos como plataformas de desenvolvimento de sistemas e que são compostas por um componente de processamento acoplado a um circuito impresso. Tais sistemas são desenvolvidos com a finalidade de processar informações que são executadas por um software conhecido como firmware, que é interpretado pela unidade de processamento interna do sistema.

As plataformas embarcadas para o desenvolvimento de sistemas IoT geralmente são constituídas por diversos componentes, com destaque para: microcontroladores, microprocessadores, memórias e sistemas de comunicação. Os sistemas embarcados para IoT são voltados para a composição de sistemas de maior escala e geralmente encontram-se em aparelhos eletrônicos, eletrodomésticos, automobilísticos e industriais.

No mercado existem vários modelos de plataformas embarcadas para IoT que podem ser utilizadas no desenvolvimento de sistemas de monitoramento e que atendem as necessidades do projeto proposto neste trabalho. Alguns deles têm se destacado pela simplicidade de configuração e aplicabilidade, além de utilizar software e hardware livres para o usuário. A Tabela 01 descreve a comparação entre quatro destas plataformas de IoT: Arduino [6], Raspberry Pi [7], BeagleBone [8] e o DOIT [9] que já possuem o módulo Wi-Fi para conexão com a internet.

Tabela 01. Comparativo entre plataformas de desenvolvimento IoT.

Nome	Arduino	Raspberry Pi 4	BeagleBone	DOIT ESP32
Modelo	MKR 1010	Modelo B	Black wireless	ESP-32
Custo (\$)	32.10	35	95	15
Processador	ARM MCU	ARM AM3358	ARM Cortex-A8	Xtensa 32-bit LX6
Clock (Hz)	48 M	1,5G	1G	240 M
Tensão (V)*	5	5	5	4,5 a 9
Pinos GPIO	8	40	92	36
Entradas Analógicas	7	-	7	12
PWN	13	-	8	5
Interf. Desenvol.	Arduino IDE	IDLE, Python	Scratch, Python	Arduino IDE

Fonte: elaborada pelos autores com base em Arduino, Raspberry, Beagleboard, Nodemcu, 2021.

*Tensão citada é de alimentação - os Pinos GPIO das placas todas funcionam com 3.3 volts

Plataforma Arduino

O Arduino é uma plataforma composta por software e hardware que permite ajustes na implementação do sistema conforme a necessidade de desenvolvimento do projeto. Ele utiliza um microcontrolador ATmega e possui um ambiente integrado de desenvolvimento (IDE) para escrever o código.

Com o Arduino é possível desenvolver os mais diversos projetos, uma vez que esta plataforma possui a capacidade de receber dados de uma grande variedade de sensores. Também é capaz de controlar outra variedade de dispositivos físicos de saída, como motores e sistemas de iluminação, entre outros.

Com o Arduino é possível também enviar e receber informações de praticamente qualquer outro sistema eletrônico. Desta forma, é permitido construir um sistema de coleta de dados de sensores, como temperatura e umidade do ar, bem como processar e enviar esses dados para um sistema remoto, por exemplo.

Outra característica importante é que todo material (software, bibliotecas, hardware) é open-source, ou seja, pode ser reproduzido e usado por qualquer desenvolvedor sem a necessidade de pagamento de royalties ou direitos autorais.

A plataforma Arduino é dividida em duas partes [10]:

Placa Arduino: representa o hardware onde se trabalha para construir os projetos, é a parte física da plataforma.

IDE do Arduino: representa o software executado no computador, usado para programar a placa Arduino. Através de uma porta serial ou USB ligada a placa, é feito upload do programa escrito no IDE para a placa, permitindo a placa Arduino executar instruções interagindo com os periféricos que estiverem conectado a ele.

Existem inúmeros modelos de plataformas Arduino no mercado. Com o passar dos anos estas plataformas foram evoluindo e ficando cada vez mais acessíveis e sofisticadas.

Para aplicação em sistemas de monitoramento remoto da climatização de *data centers* pode-se destacar a plataforma Arduino MKR1010 [6].

Sensores

O termo sensor é empregado para designar dispositivos sensíveis a alguma forma de energia do ambiente, relacionando informações sobre uma grandeza que precisa ser medida. Normalmente, o sinal de saída de um sensor deve ser manipulado antes de ser encaminhado para o sistema de monitoramento e controle.

Atualmente existe uma grande diversidade de sensores disponíveis no mercado. Devido ao fato destes sensores serem capazes de realizar a medição de uma gama enorme de variáveis, eles têm auxiliado em diversos setores, com destaque para monitoramento e gerenciamento de linhas produção, prevenção de acidentes e acuidade em processos segurança de sistemas.

Entre os modelos de sensores disponíveis no mercado para captura de valores de temperatura e umidade do ar pode-se destacar o modelo DHT22. Este sensor apresenta simplicidade de uso e comunicação com o Arduino, através de sua interface digital.

Atuadores

Um atuador é um dispositivo que converte a energia elétrica, hidráulica, pneumática em movimento. Também pode ser usado para aplicar uma força.

A IoT adiciona atuadores às redes de computadores e o controle do mundo físico que eles fornecem aos aplicativos da IoT. Dessa forma, os atuadores nos sistemas de IoT captam sinais elétricos e os convertem em algum tipo de saída física [11].

Enquanto os sensores monitoram o ambiente, os atuadores atuam sobre ele. Isto significa que podemos interagir com o mundo físico ligando e desligando lâmpadas, motores, sistemas sonoros entre outros equipamentos. É

importante que o atuador utilizado seja compatível com o tipo de dispositivo que ele esteja acionando [12].

Plataformas de Computação em Nuvem

O crescimento da aplicação da internet das coisas gera alguns desafios tecnológicos. O volume de dados coletados e que necessitam de processamento pode ser enorme. Isso aumenta a necessidade de se definir uma estratégia para o processamento e o armazenamento desses dados em servidores apropriados. Neste sentido, atualmente no mercado, existem algumas soluções com modelos de computação em nuvem (*data centers* remotos) que oferecem serviços para o tratamento de dados gerados por dispositivos em uma rede IoT.

O modelo de computação em nuvem a ser adotado em um sistema IoT, depende muito do tipo da aplicação para a qual o sistema está sendo desenvolvido. Naturalmente, conhecer vários modelos de computação em nuvem para a internet das coisas, possibilita uma escolha mais adequada, conforme a aplicação IoT a ser implementada. Algumas plataformas de computação em nuvem que podem ser adotadas no desenvolvimento de sistemas de monitoramento remoto são: IBM *Cloud* IoT [13], Google *Cloud* IoT [14], Microsoft Azure IoT [15], Arduino IoT [6] *Cloud*, entre outras.

Protocolos de Comunicação

O surgimento e o desenvolvimento da IoT criaram também o desafio de desenvolver novas formas de comunicação que se adaptam ao conceito, utilizando baixo consumo de energia e poder computacional. Apesar dos esforços para padronizar e unificar os protocolos de comunicação, com o desenvolvimento de objetos de IoT realizado por diversos fabricantes, utilizando diferentes protocolos nas camadas mais superiores da rede, como por exemplo a de aplicação, a interoperabilidade entre diversos sistemas mostrou-se um dos maiores desafios para essa nova realidade.

Nas redes locais os protocolos de comunicação para a IoT evoluíram a partir dos protocolos industriais como o Modbus e Fieldbus. É fundamental que estes protocolos de comunicação apresentem baixo consumo de energia, já que serão utilizados em dispositivos embarcados.

Agora, para realizar a conexão de um dispositivo IoT à uma plataforma de computação em nuvem é necessária uma forma de comunicação que permita que os dados possam ser enviados e recebidos para o servidor, que em geral está localizado a grandes distâncias.

A conexão física de uma rede local de dispositivos IoT com uma estrutura de computação em nuvem pode ser resolvida de maneira bastante eficiente através de duas infraestruturas: provedores de Internet e uso de operadoras de telefonia móvel.

Por conta da grande diversidade de protocolos de comunicação da rede IoT com a nuvem, desenvolvidos para a camada de aplicação, e que podem ser adotados em sistemas de monitoramento remoto, cada qual com suas características e peculiaridades, é necessário a investigação dos diferentes protocolos disponíveis, para assim, ter uma base de conhecimento para a melhor escolha em cada projeto. A seguir são descritos dois protocolos bastante promissores para aplicação no mundo da Internet das coisas. Mais informações sobre estes protocolos de comunicação, tais como padrões de comunicação, confiabilidade e QoS, escalabilidade e segurança, podem ser conferidas em [16].

MQTT – *Message Queuing Telemetry Transport*: desenvolvido pela IBM, ele possui confiabilidade e baixo consumo como requisitos de sua implementação, o que o torna grande candidato a ser aplicado nas redes IoT. Utiliza o modelo “publica/escreve” e necessita de um *broker* MQTT para gerenciar e rotacionar as mensagens dentro da rede. É descrito como um protocolo de comunicação *many-to-many*. Por utilizar o protocolo TCP, o MQTT já vem munido de segurança na rede. A dependência de um *broker* e a utilização do TCP podem ser um empecilho, pois ambos necessitam de um certo poder computacional para funcionar, impossibilitando o uso MQTT em dispositivos mais simples. Por necessitar de um *broker*, o protocolo é uma boa opção para a comunicação remota/nuvem, já que o servidor nuvem atua como o *broker* entre o dispositivo IoT e outros serviços.

CoAP – *Constrained Application Protocol*: este protocolo foi projetado pelo Grupo de Trabalho para Ambientes RESTful Limitados (CoRE) da Força-Tarefa de Engenharia da Internet (IETF). Adaptado do HTTP, foi otimizado para dispositivos com potência e capacidade de processamento limitados e é geralmente aplicado a objetos inteligentes em ambientes IoT.

O CoAP utiliza o modelo ‘cliente/servidor’, disponibilizando interação ‘requisição/resposta’ um para um, podendo também suportar *multicast*. Uma característica interessante do CoAP para aplicações em sistemas embarcados é o seu suporte ao envio de informação assíncrona (opção observar) que permite que objetos inteligentes enviem informações sobre recursos apenas quando há mudanças. O dispositivo pode permanecer em modo *sleep* na maior parte do tempo, o que significa uma redução do consumo de energia.

A escolha do protocolo de comunicação deve considerar os possíveis padrões de comunicação IoT que podem ser definidos como: Telemetria, Consulta, Comando e Notificação. O modelo publica/inscreve do MQTT é equivalente ao padrão Telemetria, facilitando seu uso [16] em aplicações de monitoramento remoto, com cenários onde a informação flui dos dispositivos IoT para a nuvem informando mudanças de estados nos sensores.

F. Trabalhos Relacionados

Segue alguns trabalhos encontrados na literatura especializada e que também apresentam estudos relacionados com o projeto de sistemas de monitoramento remoto das variáveis climáticas de temperatura e umidade do ar.

Trabalho 1 [17]: a pesquisa tem como objetivo desenvolver um sistema de monitoramento inteligente baseado em IoT. O estudo observou que no decorrer de um ano ocorreram incidentes no *data center* devido à instabilidade de tensão e corrente enviada a fonte de alimentação, danificando o equipamento.

Trabalho 2 [18]: descreve o desenvolvimento de uma solução para manter a sala de servidores dentro das normas técnicas aceitáveis para um *data center*, tendo em vista aumentar a durabilidade dos equipamentos e oferecer uma gerência personalizada e eficiente das variáveis ambientais no local.

Trabalho 3 [19]: descreve um estudo de caso para um sistema de monitoramento de temperatura e umidade em farmácias e almoxarifados. O objetivo é a redução de custos, eficiência, precisão e um melhor controle no monitoramento dos medicamentos. O sistema é composto pela parte de hardware e software, as medições são realizadas num

intervalo de 30 minutos e enviadas para o software na web via Wi-Fi. Um mecanismo de alertas por e-mail e SMS impede a perda dos medicamentos caso a temperatura fuja dos padrões estabelecidos.

Deve-se destacar que o diferencial do trabalho desenvolvido neste artigo está no fato de o sistema implementado contemplar o controle da atividade de gerenciamento na rotina de operação das máquinas de condicionamento de ar de forma remota e automatizada.

III. MATERIAIS E MÉTODOS

Visando a resolução de problemas, foi desenvolvido um estudo para a criação de um Monitoramento e Gerenciamento da Climatização via IoT considerando uma escala de pequeno porte. O projeto tem como intuito desenvolver um estudo cujo princípio está relacionado na supervisão remota em tempo real da temperatura e umidade assim como o controle da temperatura na central de processamento de dados através da Internet das Coisas.

Na conclusão do projeto, presume o estudo e aplicação em *Data Center* com capacidade de previsão de melhores condições de funcionamento dos equipamentos.

A. Implementação da Plataforma de Hardware IoT

O desenvolvimento de um Arduino MKR WiFi 1010 resume em construir uma rede de sensores conectada ao seu roteador central, com a instalação de periféricos para aquisição de dados de temperatura e umidade do ambiente monitorado, bem como conectar os componentes atuadores. Porém, ainda que pareça simples, existe mais um fator determinante: a plataforma de hardware se limita a alguns programas de modelagem. A Figura 02 exemplifica o fluxograma da implementação do hardware com IoT.

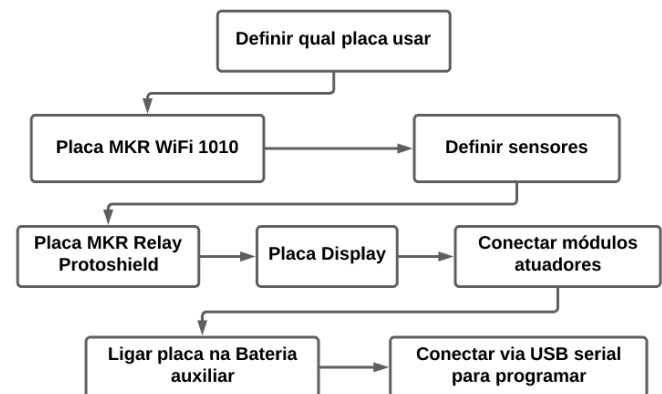


Figura 02. Fluxograma do processo de criação do projeto hardware.

Criação do projeto hardware - Etapas

- | | |
|----------|---|
| Etapa01. | Definir qual placa usar para o projeto, para um melhor aproveitamento das suas funcionalidades; |
| Etapa02. | Escolher os sensores que melhor atendem os propósitos e que possuem melhor interação com a placa; |
| Etapa03. | Definir módulos atuadores, como as saídas e entradas digitais da placa que são de 3,3 Volts provocando o uso da placa Shield; |
| Etapa04. | Para uma visualização em loco dos dados coletados utilizou uma placa display; |
| Etapa05. | Conectar os componentes listados usando cabos jumpers macho/fêmea; |
| Etapa06. | Ligar a bateria auxiliar e conectar via USB serial para iniciar a programação. |

Projeto do Sistema Arduíno

Conforme anteriormente citado, a plataforma Arduino MKR WiFi 1010 auxilia na solução única de aplicativos básicos de “IoT cenários”.

O processador principal da placa é um Arm Cortex M0 SAMD21 de 32 bits de baixo consumo. A conectividade WiFi e Bluetooth é realizada com um módulo da u-blox, o NINA-W10, um chipset de baixa potência operando na faixa de 2,4GHz. A comunicação segura é garantida por meio do chip de criptografia Microchip ECC508. Além disso, você pode encontrar um carregador de bateria e um LED RGB direcionável *on-board*, conforme diagrama de pinagem mostrado na Figura 03 [6].

No projeto utiliza-se o pino GND como terra. O Display LCD está ligado as pinagens D11, D12 (saídas I2C), GND e +5V. A entrada digital do sensor de temperatura e umidade utilizada é a D0. A saída digital D1 e D2 está ligada ao relé.

Válido ressaltar que o microprocessador da placa trabalha com 3,3 Volts nos periféricos da MKR WiFi 1010. Dessa forma, no projeto a alimentação da placa é feita por uma fonte de 5Volts pela entrada micro USB.

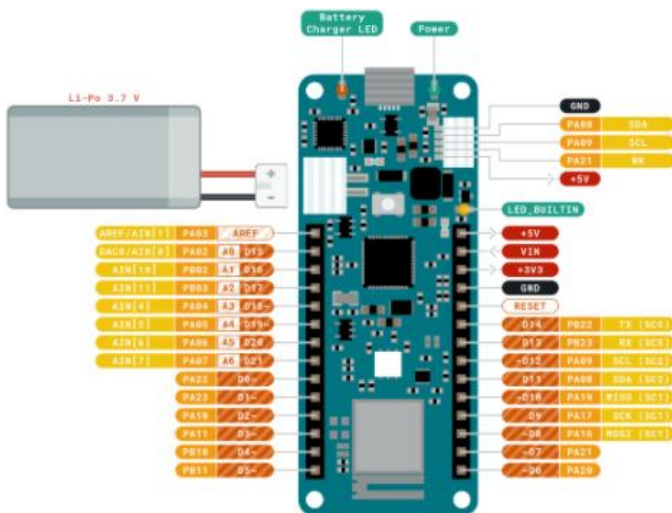


Figura 03 – Diagrama de Pinagem MKR WiFi 1010.

Projeto do Sistema de Sensores

O DHT22/AM2302 é um sensor de temperatura e umidade que permite fazer leituras de temperaturas entre -40 a +80 graus Celsius e umidade entre 0 a 100%, sendo muito fácil usar com Arduino pois possui apenas 1 pino com saída digital [20].

Projeto do Sistema de Atuadores

O MKR *Relay Proto Shield* permite adicionar facilmente relés ao projeto baseado em placa MKR. O escudo fornece dois relés chamados *RELAY1* e *RELAY2* comandados pelo pino 01 e pino 02 [6].

O escudo também fornece uma conexão fácil por meio de blocos terminais de parafuso para entradas analógicas A1 a A4, I2C e tensões de alimentação [6].

B. Implementação da Plataforma de Software do IoT

Nesse projeto, utilizou-se o Ambiente de Desenvolvimento Integrado Arduino (IDE) em que contém um editor de texto para escrever código, uma área de mensagem, um console de texto, uma barra de ferramentas com botões para funções comuns e uma série de menus. Ele

se conecta ao hardware Arduino para fazer *upload* de programas e se comunicar com eles [6].

A biblioteca principal que foi utilizada na placa MKR WiFi 1010 é "thingProperties.h". Para o sensor DHT22 foram utilizadas três bibliotecas "Adafruit_Sensor.h", "DHT.h" e "DHT_U.h", para funcionar o display foram utilizadas duas bibliotecas "LiquidCrystal_I2C.h" e "Wire.h". Já os atuadores simplesmente fizemos as definições dos pinos de saída da placa MKR WiFi 1010 não é necessária nenhuma biblioteca auxiliar.

Projeto do Software de Comunicação Internet no Arduíno

O modelo genérico de utilização e aplicação da IoT Cloud para integração da placa MKR WiFi 1010 está exemplificado no fluxograma da Figura 04 e no pseudocódigo a seguir. Por ser genérico, é entendível que deverão ser feitas adaptações e alguns ajustes na placa para a aplicação do modelo.

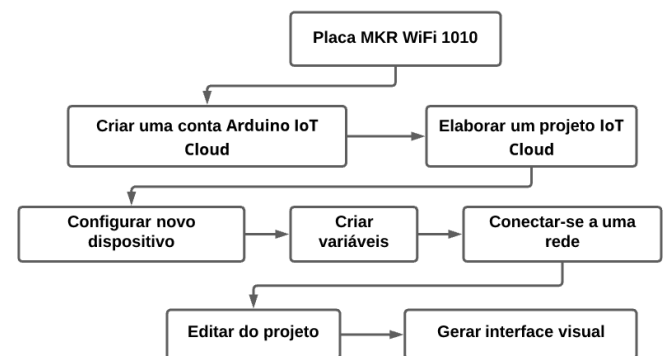


Figura 04 – Fluxograma do processo de criação do projeto na nuvem.

Pseudocódigo – Criação da IoT Cloud

- Passo01. Criar uma conta Arduino IoT Cloud
Gerar um login com e-mail e senha
- Passo02. Criar um projeto IoT Cloud
Gerar uma coisa
- Passo03. Configurar um novo dispositivo
Selecionar dispositivo
- Passo04. Criar variáveis de monitoramento e controle
- Passo05. Conectar-se a uma rede
Interligar placa a uma rede WiFi
- Passo06. Editar o projeto
Codificar com as variáveis configuradas interligando a nuvem
- Passo07. Criar interface visual

Primeiramente, é criado a conta da Arduino IoT Cloud (Passo01) e logo após, o projeto (Passo02), sendo as configurações de startup da plataforma.

Para configurar um novo dispositivo (Passo03): Para esta etapa, conectar via USB serial de dados diretamente na placa e posteriormente selecionar e configurar um novo dispositivo na página inicial da nuvem.

Adicionar a variável (Passo04): Nessa parte, é necessário declarar nome e a permissão da variável podendo ser entrada (monitoramento) ou saída (controle) e vice-versa. Logo após, selecionar a taxa de atualização dessas variáveis.

Conectar à rede (Passo05), inserindo o nome e senha da rede WiFi local.

Para editar o projeto (Passo06), seleciona-se o esquete e altera-se o código para execução do projeto conforme o programador desejar.

Por fim criar a interface visual (Passo07), onde é possível acessar os *widgets* clicando na guia "Painéis" na parte superior da interface Arduino IoT Cloud. Este processo

possibilita a visualização de uma lista de *widgets* criados para implementação no projeto.

Projeto do Software de Computação em Nuvem

Como proposto no diagrama da Figura 03, inicialmente deve criar a conta na Arduino IoT para iniciar o projeto juntamente com a nuvem.

Após essa etapa, configurar o dispositivo e introduzir as variáveis conectando a uma rede para edição do projeto e geração da interface. Após o término do diagrama o modelo ficará disponível para poder ser utilizado na predição e/ou qualquer outro problema em questão.

Projeto da Interface de Monitoramento Mobile

Após conclusão das etapas conforme Figura 03, é gerado um QR Code para acesso rápido do *link* da conta criada na Arduino IoT Cloud. O usuário precisará digitar o *login* e senha para visualizar a interface visual.

C. Projeto de Integração do Sistema de Monitoramento

O projeto inclui todas as funcionalidades de conexão WiFi e gerenciamento de conexão em nuvem; as únicas informações necessárias ao usuário são as credenciais para estabelecer uma conexão com uma rede WiFi (SSID e PASSWORD) [6].

O Arduino IoT Cloud autentica o dispositivo conectado usando uma chave armazenada dentro do chip cripto da placa durante a configuração do dispositivo (em *Devices section - ADD DEVICE*), garantindo a transmissão de dados através de um canal seguro [6].

D. Levantamento custo/benefício de mercado dos materiais utilizados

Os componentes utilizados no projeto e suas quantidades estão detalhados na Tabela 02. Com a disponibilidade de tempo optou-se por realizar a compra dos componentes DHT22/AM2302 e LCD 1601/i2c pela importação da China, cujo valor é mais acessível. Por outro lado, a placa MKR 1010 é vendida somente no EUA (Estados Unidos) no site oficial da Arduino.

Tabela 02 – Tabela de Custos

Componente	Quantidade	Preço unitário	Preço Total
Placa MKR Wifi 1010	1	R\$ 226,00	R\$ 226,00
MKR Relay Proto Shield	1	R\$ 195,85	R\$ 195,85
Bateria 3,7v 2600mah	1	R\$ 19,00	R\$ 19,00
DHT22/AM2302	1	R\$ 27,43	R\$ 27,43
LCD 1602/i2c	1	R\$ 21,37	R\$ 21,37
Caixa de Acrílico	1	R\$ 26,00	R\$ 26,00
Cabos e Fonte	1	R\$ 28,30	R\$ 28,30
TOTAL			R\$ 543,95

Fonte: elaborada pelos autores 2021.

IV.RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta seção são descritos alguns resultados para as técnicas de configuração, treinamento e aplicação do Monitoramento e Gerenciamento da Climatização de *Data Center* via IoT. A nível de demonstração, fora criada um diagrama de ligação dos componentes a placa MKR WiFi 1010 utilizando o Fritzing.

Primeiramente, iniciou-se configurando e codificando a placa na plataforma IoT Cloud.

A. Plataforma Hardware de Monitoramento e Gerenciamento

A montagem e configuração do hardware do sistema de monitoramento e gerenciamento pode ser conferida na Figura 05. Um diagrama de montagem também é construído na plataforma Fritzing [21] para exemplificar o processo de interligação dos componentes do sistema. Este diagrama pode ser conferido na Figura 06.

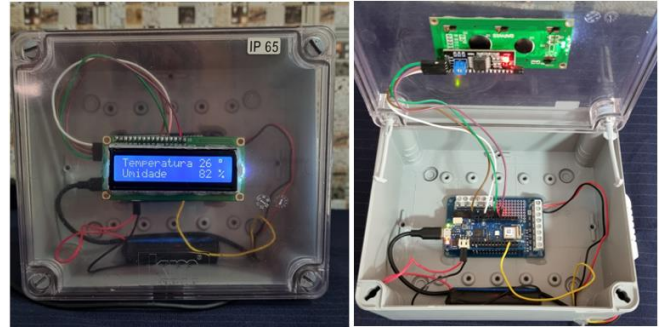


Figura 05 – Protótipo do sistema real desenvolvido.

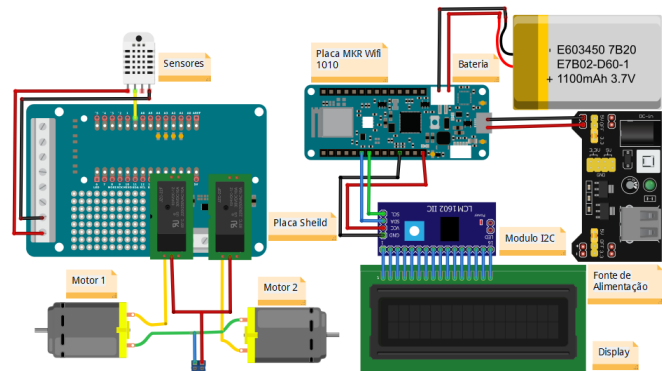


Figura 06 – Esquema de ligação dos componentes.

A placa MKR WiFi 1010 está sobreposta a placa *Shield*, com o objetivo de facilitar as conexões dos componentes. Nesse esquema a placa *Shield* apresenta suas ligações por meio dos relés com o Motor 01 e Motor 02 que representam o condicionador 01 e condicionador 02 no ambiente do data center. O sensor de temperatura e umidade está conectado a alimentação de 3,3 Volts e entrada digital 03 da placa MKR WiFi 1010 com o intuito de coletar os dados no ambiente monitorado. A bateria está ligada na placa MKR WiFi 1010 com a finalidade de manter a energização caso falte eletricidade. A fonte chaveada de alimentação de 5 Volts conectada ao terminal micro USB garante a tensão de entrada, além de carregar a bateria. O display LCD está acoplado com a placa de interface I2C para facilitar a ligação com a MKR WiFi 1010 e gerar a visualização *in loco* dos parâmetros de temperatura e umidade.

Aquisição dos Dados dos Sensores

O DHT22 / AM2302 é um sensor de temperatura e umidade digital. Utiliza-se um sensor de umidade capacitivo e um trêmio para medir o ar circundante, e emite um sinal digital no pino de dados (sem necessidade de conversores analógicos). Relativamente simples de usar, e permite obter novos dados de leitura a cada 2 segundos [20].

Transmissão dos Dados

A transmissão de dados entre os dispositivos se dá pelo padrão *pub/sub*, ou seja, as mensagens têm como destino tópicos. Ademais, um dispositivo pode publicar uma mensagem em um tópico e um ou mais dispositivos podem estar inscritos em determinados tópicos (nada impede de um dispositivo ser publicador e inscrito de algum tópico) [18].

Dessa forma os sensores realizam a leitura da temperatura, publica e conduz para o *broker*. Esse que por sua vez tem como finalidade receber a mensagem e enviar para o aplicativo ou computador. O protocolo IoT utilizado nesta comunicação é o MQTT (*Message Queue Telemetry Transport*). A Figura 07 mostra exemplifica um padrão de comunicação do MQTT.

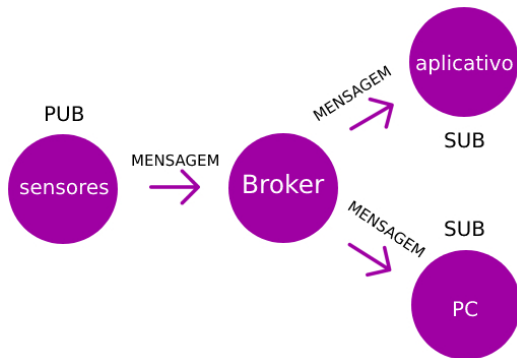


Figura 07 – Esquema de transmissão de dados entre os componentes.

B. Plataforma de Computação em Nuvem

O protótipo desenvolvido neste trabalho para o monitoramento e gerenciamento remoto da climatização de *data center* possui o processo de tratamento de dados e de tomada de decisão implementado no *Arduino IoT Cloud*. O *Arduino IoT Cloud* é um serviço de computação em nuvem que permite a qualquer desenvolvedor criar aplicativos IoT com apenas algumas etapas [6].

Tratamento dos Dados de Monitoramento e Gerenciamento

Os dados são coletados pelos sensores e tratados na plataforma *Arduino IoT Cloud*, através da comunicação MQTT (*Message Queue Telemetry Transport*) e vinculados às variáveis criadas pelo programador.

A Figura 08 demonstra como foi feita a parte do *loop* de programação no Software IDE da *Arduino* para as rotinas de leitura dos dados de temperatura e umidade, bem como o processo de tomada de decisão quanto a qual sistema de condicionamento de ar que deve ser ligado, dependendo do *status* da temperatura.

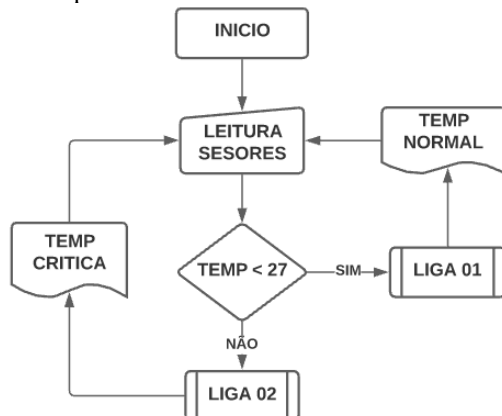


Figura 08 – Fluxograma de Programação

Este trabalho realiza o monitoramento de temperatura e umidade, porém o controle só vai atuar na temperatura, tendo em vista que para efetuar o controle preciso de umidade se faz necessário o uso de um sistema mais complexo, com uso de umidificadores e resistências de reaquecimento, o condicionador ar faz o papel de desumidificar.

Ao energizar a placa com o programa devidamente instalado e com login e senha da rede WiFi local, a cada 2 segundos é feita a leitura e atualização dos dados de temperatura e umidade do ar do ambiente monitorado. Estes dados são atualizados automaticamente na nuvem *Arduino IoT Cloud*. Caso observe uma discrepância entre os valores coletados e os limites de operação, o sistema de monitoramento emite alertas para o usuário.

O *loop* de verificação de status e de ativação dos atuadores (módulo relé) é iniciado com a realização do teste de nível da temperatura monitorada. Caso a temperatura esteja dentro das especificações de operação (abaixo de 27°) o atuador do Condicionador 1 mantém-se ligado e a mensagem de texto “Condicionador 01 Ligado *Temperatura Normal*” é enviada para o *Dashboards*.

Caso aconteça algum evento em que o monitoramento identifique que a temperatura esteja fora dos limites aceitáveis de operação (acima de 27°), o sistema entende que houve alguma falha no Condicionador 01. Neste caso, o sistema aciona os módulos de atuadores para desligar o Condicionador 01 e ligar o Condicionador 02. A mensagem “Condicionador 02 Ligado *Temperatura crítica maior que 27°, Acionar Manutenção*” é enviada para o *Dashboards*.

O usuário do sistema de monitoramento e gerenciamento remoto desenvolvido neste trabalho também pode executar a rotina de acionamento do atuador que liga o Condicionador 02 via IOT REMOTE. Este processo permite ao usuário acionar manualmente uma rotina de controle de operação dos condicionadores de ar, via comando simples pela plataforma, se sobrepondo à rotina automatizada descrita na Figura 08.

Visualização - Informações Monitoramento e Gerenciamento

As informações de monitoramento e gerenciamento são divulgadas via visualização dos *widgets* conforme Figura 09.

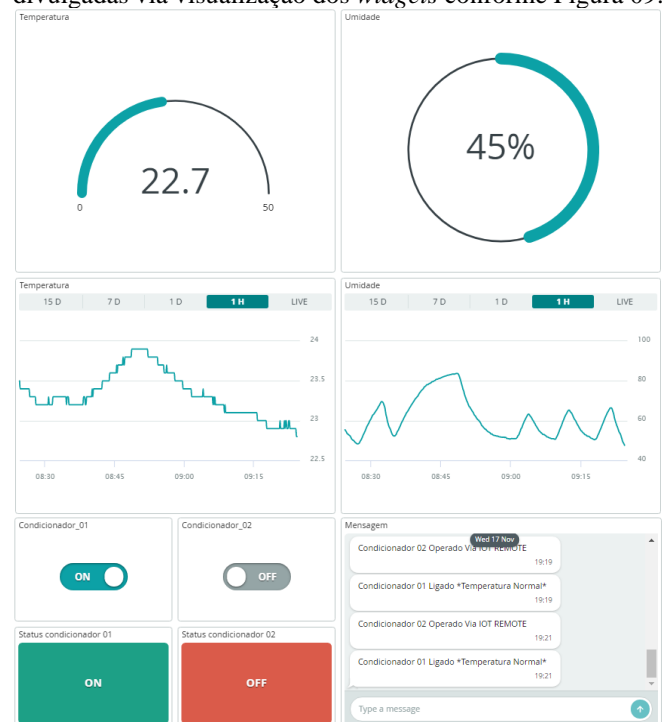


Figura 09 – Divulgação de Informações.

A Figura 09 apresenta as imagens que o usuário terá acesso através da plataforma da Arduino onde é possível visualizar a caixa de texto que tem como função receber os eventos de mudança de estado de temperatura do ambiente monitorado. Além disso, tem o *widgets* do *status* do equipamento que está em funcionamento.

O visualizador gráfico de temperatura e umidade do ambiente é exibido contendo o histórico dos últimos 15 dias com possibilidade de configuração do projeto em funcionamento atual assim como as demais opções presentes na imagem (7 dias, 1 dia e 1 hora).

C. Aplicativo Mobile

O controle de acesso às informações via smartphone é realizado por meio do aplicativo disponibilizado para IOS e Android chamado “*Arduino IoT Cloud Remote*”. O usuário deve entrar *Play Store* ou *App Store* baixar e instalar o aplicativo e acessar com o *login* e senha.

Com o intuito de conseguir realizar o acesso rápido ao painel de informações, foi gerado um QR Code apresentado na Figura 10 onde é solicitado *login* e senha do usuário.



Figura 10 – QR Code Acesso Rápido.

Visualização – Aplicativo Mobile

As informações coletadas pelo sistema através da visualização no aplicativo *mobile*, segue o mesmo conceito de interpretação das informações da plataforma *Arduino IoT Cloud* via Web onde são apresentados os resultados do monitoramento da temperatura e umidade do ambiente, além dos gráficos de linha que acompanham a variação por período de monitoramento. Caixa de texto contém informações de eventos gerados. Com a utilização do aplicativo *mobile* garante-se maior facilidade e mobilidade em obter as informações. Exemplo de visualização Figuras 11 e 12.

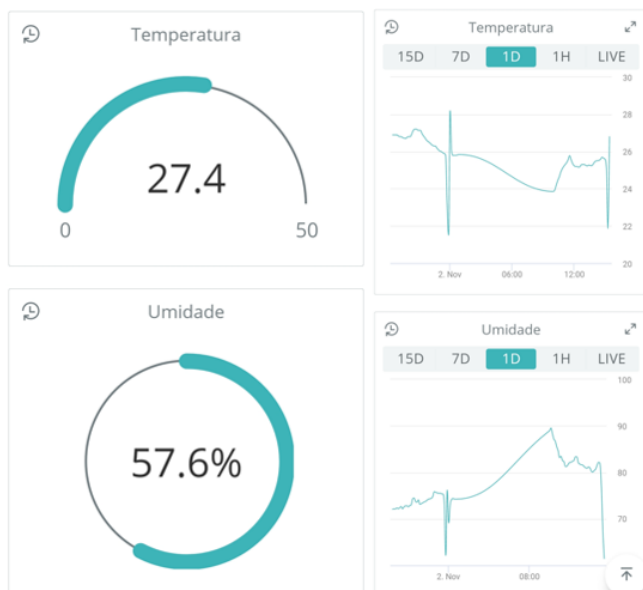


Figura 11 – Visualização das Informações no aplicativo mobile.

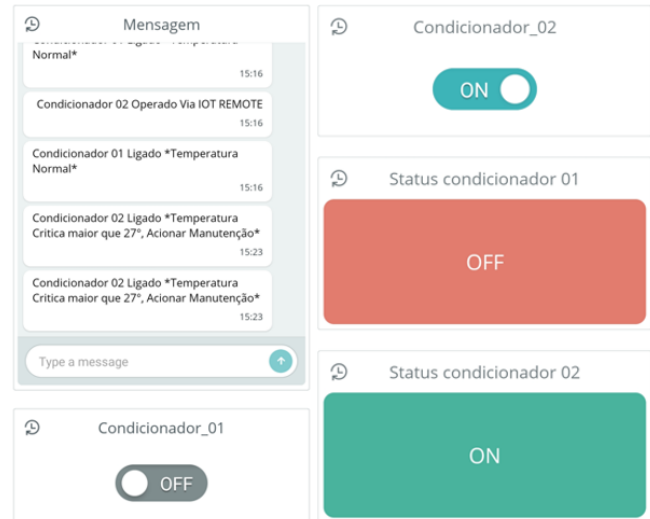


Figura 12 – Visualização das Informações no aplicativo mobile.

A Figura 12 pode-se notar que a temperatura no momento da coleta estava acima de 27°C, entrando em estado crítico, o sistema devido a sua configuração entende que a uma falha de refrigeração no condicionador 01 e acionando o condicionador 02 e em seguida desliga condicionador 01, além de enviar uma mensagem no bloco da caixa de texto.

O *status* dos condicionadores do projeto é apresentado para uma melhor percepção do utilizador sobre qual equipamento está em funcionamento naquele instante. Os gráficos com as informações do monitoramento auxiliam no acompanhamento das oscilações de temperatura para possíveis correções do sistema.

V.CONCLUSÃO

Atualmente, com o avanço tecnológico, a quantidade de plataformas utilizadas em processos de coleta de dados tem aumentado significativamente. A capacidade de extrair informações relevantes para auxiliar os processos de tomada de decisão é fundamental. As plataformas de desenvolvimento IoT surgem como uma opção para solucionar esse problema, automatizando os procedimentos de coleta e atuação. Neste contexto, a importância da IoT é fundamental, sendo utilizada inclusive na predição de futuros cenários.

Este trabalho apresenta algumas técnicas que estão relacionadas com o processo de gerenciamento (monitoramento e controle) da climatização de *Data Center* de pequeno, de forma remota, e em tempo real.

Durante o estudo, chegou-se na definição de utilizar a placa MKR WiFi 1010, com arquitetura de transferência de dados MQTT, utilizando a plataforma Arduino IDE como ambiente integrado de desenvolvimento. A utilização se deu pelo fato de que esta codificação se tornou uma das mais utilizadas na comunidade especializada.

Os resultados alcançados com a execução do protótipo desenvolvido são satisfatórios, considerando o problema especificado neste artigo. Conforme pode ser observado nas soluções apresentadas nas Figuras 9, 11 e 12 o modelo de monitoramento e controle proposto é de fácil visualização e utilização por parte do usuário final.

Entre os testes realizados vale destacar aqueles que demonstram a efetividade do sistema de atuadores para situações em que o monitoramento acusa uma transgressão nos limites de operação aceitáveis para a temperatura do *data*

center. O permite o usuário acompanhar: os níveis de temperatura e umidade do ar; os *status* dos condicionadores de ar; o sistema de atuadores em operação, desligando um grupo de condicionador de ar e ligando outro; e as mensagens de alerta. O sistema possibilita também a gestão das variáveis de climatização monitoradas, promovendo um histórico de registros, o qual pode ser avaliado de forma a medir a qualidade do próprio produto desenvolvido.

Como trabalhos futuros vislumbra-se alguns estudos direcionados para o aperfeiçoando do sistema de monitoramento e controle remoto, de forma que se possa implementar outros sensores de temperatura e umidade para um possível desenvolvimento de um sistema de *backup* em conjunto com a implementação de um rodízio automático entre as máquinas de condicionamento de ar que atuam no ambiente monitorado. Outras possibilidades de extensão relevantes seriam o controle via atuação de infravermelho, em conjunto com o controle de umidade, com atuadores operando sobre umidificadores e resistências de reaquecimento. Por fim, uma outra funcionalidade que pode ser avaliada é a integração do sistema de mensagens do protótipo proposto neste trabalho com um aplicativo de mensagens comercial de maior abrangência e usabilidade.

VI.REFERENCIAS

- [1] MEDINA, Bruno Eduardo. Internet das coisas em edifícios inteligentes: Desenvolvimento de uma rede de sensores e atuadores sem fio para o controle de sistemas de climatização. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação. Campinas – SP, 2017.
- [2] CUNHA, J. R. L. Monitoramento de ambientes especiais aliado ao conceito de internet das coisas (IoT). Trabalho de Conclusão de Curso, UFRN, 2018.
- [3] SÔNIGO, António S.; MARCELINO, Roderval; GRUBER, Vilson. A Internet das Coisas aplicada ao conceito de eficiência energética: uma análise quantitativo-qualitativa do estado da arte da literatura. *AtoZ: novas práticas em informação e conhecimento*. Florianópolis, v.5, n.2, P. 82-844, jul/set. 2016.
- [4] GENG, Hwaiyu. *Data center handbook*, Palo Alto, CA: John Wiley & Sons, 2015.
- [5] Mukherjee, T., Banerjee, A., Varsamopoulos, G., and Gupta, S. K. (2010). Model-driven coordinated management of data centers. *Computer Networks*, 54(16):2869–2886.
- [6] <https://store-usa.arduino.cc/collections/iot/>. Acessado em 15 de maio de 2021.
- [7] <https://www.raspberrypi.org>. Acessado em 15 de maio de 2021.
- [8] <https://beagleboard.org/bone>. Acessado em 15 de maio de 2021.
- [9] <https://www.baudaeletronica.com.br>. Acessado em 15 de maio de 2021.
- [10] RODRIGUES, Lucas; SARTORI, Eliseu; GOUVEIA, Bruno. *Introdução ao Arduino*. Mato Grosso do Sul: Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, 2012.
- [11] <https://www.embarcados.com.br/sensores-e-atuadores-iot/>. Acessado em 09 de novembro de 2021.
- [12] <https://fabiocosta.net/arduino/como-comecar-com-arduino/>. Acessado em 09 de novembro de 2021.
- [13] <https://www.ibm.com/br-pt/cloud/get-started>. Acessado em 24 de maio de 2021.
- [14] <https://cloud.google.com/solutions/iot/?hl=pt-BR>. Acessado em 24 de maio de 2021.
- [15] <https://azure.microsoft.com/pt-br/overview/iot/>. Acessado em 24 de maio de 2021.
- [16] <https://www.inatel.br/smartcampus/imgs/protocolos-para-iot-pt.pdf>. Acessado em 16 de maio de 2021.
- [17] FAHRIANTO, F., ANGGRAINI, N., SUSENO, H. B., SHABRINA, A., & REZA, A. Smart data center monitoring system based on Internet of Things (IoT). In *Int. Conf. on Cyber and IT Service Management (CITSM)*, pages 1–9, Indonesia. IEEE, 2017.
- [18] CAMARGO, Daniel S. et. MIERS, Charles C. Sensoriamento em sala de servidores baseado em software e hardware livres. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTIFICA UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA, 25, 2015. Anais... Florianópolis: SIC UDESC, 2015. p. 1-2.
- [19] ALVES, E. T. A.; MORIM, D. S.; SOUZA, M. N.; ROSÁRIO, F. F. Estudo de caso: Sistema para Monitoramento de Temperatura e Umidade em Farmácias e Almoarifados. In: XXIV CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA BIOMÉDICA – CBEB 4, 2014. Anais... Rio de Janeiro, 2014. p. 1208-1211.
- [20] <https://www.arduinoecia.com.br/sensor-de-temperatura-e-umidade-dht22/>. Acessado em 01 de maio de 2021.
- [21] <https://www.tudodearduino.com.br/fritzing.html#:~:text=Fritzing%20C3%A9%20uma%20iniciativa%20de,d e%20um%20circuito%20mais%20permanente>. Acessado em 01 de maio de 2021.



**PUC
GOIÁS**

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS
GABINETE DO REITOR

Av. Universitária, 1069 ● Setor Universitário
Caixa Postal 86 ● CEP 74605-010
Goiânia ● Goiás ● Brasil
Fone: (62) 3946.1000
www.pucgoias.edu.br ● reitoria@pucgoias.edu.br

RESOLUÇÃO n° 038/2020 – CEPE

ANEXO I

APÊNDICE ao TCC

Termo de autorização de publicação de produção acadêmica

O(A) estudante Mádia Camila dos Santos Saria
do Curso de Engenharia Elétrica, matrícula 2017100380037-1,
telefone: 62 999107046 e-mail mediacomilaparia@gmail.com, na qualidade de titular dos
direitos autorais, em consonância com a Lei n° 9.610/98 (Lei dos Direitos do autor),
autoriza a Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC Goiás) a disponibilizar o
Trabalho de Conclusão de Curso intitulado
Garanciamento remoto da Climatização de Data Center
via IOT, gratuitamente, sem ressarcimento dos direitos autorais, por 5
(cinco) anos, conforme permissões do documento, em meio eletrônico, na rede mundial
de computadores, no formato especificado (Texto (PDF); Imagem (GIF ou JPEG); Som
(WAVE, MPEG, AIFF, SND); Vídeo (MPEG, MWV, AVI, QT); outros, específicos da
área; para fins de leitura e/ou impressão pela internet, a título de divulgação da
produção científica gerada nos cursos de graduação da PUC Goiás.

Goiânia, 7 de dezembro de 2021.

Assinatura do(s) autor(es): Mádia Camila dos Santos Saria

Nome completo do autor: Mádia Camila dos Santos Saria

Assinatura do professor-orientador: [Assinatura]

Nome completo do professor-orientador: Marcos Antônio de Souza



PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS
GABINETE DO REITOR

Av. Universitária, 1069 • Setor Universitário
Caixa Postal 86 • CEP 74605-010
Goiânia • Goiás • Brasil
Fone: (62) 3946.1000
www.pucgoias.edu.br • reitoria@pucgoias.edu.br

RESOLUÇÃO n° 038/2020 – CEPE

ANEXO I

APÊNDICE ao TCC

Termo de autorização de publicação de produção acadêmica

O(A) estudante Wedes do Oliveira Soares
do Curso de Engenharia Elétrica, matrícula 2017.1.0038.0059-2,
telefone: 62 99933 6741 e-mail wedes.oliveira@hotmail.com com qualidade de titular dos
direitos autorais, em consonância com a Lei n° 9.610/98 (Lei dos Direitos do autor),
autoriza a Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC Goiás) a disponibilizar o
Trabalho de Conclusão de Curso intitulado
Serenciamento remoto da climatização de Data Center
via IOT, gratuitamente, sem ressarcimento dos direitos autorais, por 5
(cinco) anos, conforme permissões do documento, em meio eletrônico, na rede mundial
de computadores, no formato especificado (Texto (PDF); Imagem (GIF ou JPEG); Som
(WAVE, MPEG, AIFF, SND); Vídeo (MPEG, MWV, AVI, QT); outros, específicos da
área; para fins de leitura e/ou impressão pela internet, a título de divulgação da
produção científica gerada nos cursos de graduação da PUC Goiás.

Goiânia, 7 de dezembro de 2021.

Assinatura do(s) autor(es): Wedes de Oliveira Soares

Nome completo do autor: WEDES DE OLIVEIRA SOARES

Assinatura do professor-orientador: [Assinatura]

Nome completo do professor-orientador: Marcos Antônio de Sousa