

# Sistema IOT para Monitoramento de Temperatura e Umidade de Refrigeradores e Ambientes em Hospital do Oeste do Paraná: Estudo de Caso

*IOT System for Monitoring Temperature and Humidity of Rrefrigerators and Environments in a Hospital in Western Paraná: Case Study*

**Thiago de Lima Barbosa<sup>1</sup> e Renato Bobsin Machado<sup>2</sup>**

1. Bacharel em Ciência da Computação. Pós-graduado em Gestão em Saúde pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste), *Campus Foz do Iguaçu*, PR. Supervisor de Tecnologia da Informação (TI).
2. Graduação em Ciência da Computação. Mestre em Ciência da Computação pela UFSC. Doutor em Ciências pela UNICAMP. Professor do Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica e Computação (PGEEC) da Unioeste. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7241-3774>  
*renato.machado@unioeste.br*

## Palavras-chave

Controle de temperatura  
Internet das coisas  
Monitoramento hospitalar

## Keywords

Temperature control  
Internet of things  
Hospital monitoring

## Resumo:

Este trabalho investiga a importância da implantação do sistema IoT no controle da temperatura dos refrigeradores em ambientes hospitalares, visando a eficiência e a precisão na coleta e análise de dados de temperatura e umidade. Atualmente, o processo manual de coleta de dados é suscetível a falhas, o que pode comprometer a precisão das informações coletadas. Esse problema pode ter sérias consequências em ambientes hospitalares, onde a temperatura correta é essencial para preservar a qualidade e a eficácia de medicamentos, insumos e amostras. A tecnologia IoT é uma excelente alternativa para resolver esses problemas, permitindo conexões distribuídas através da Internet, coletas de informações, fácil acesso e flexibilidade nos processos rotineiros. Foi realizado um estudo de caso em um hospital referência no oeste do estado do Paraná, onde um sistema de coleta de temperatura e umidade foi implantado em um refrigerador da Farmácia do centro cirúrgico. Os resultados obtidos pelo método proposto foram comparados com os dados coletados manualmente, buscando fidedignidade das informações. A implantação desse sistema pode contribuir para a redução de perdas de materiais, medicamentos, insumos ou amostras, além de oferecer maior segurança e confiabilidade aos pacientes atendidos pelo hospital.

## Abstract:

This study investigates the importance of implementing IoT systems in controlling temperature in hospital refrigerators, aiming for efficiency and accuracy in temperature and humidity data collection and analysis. Currently, manual data collection processes are susceptible to errors, which can compromise the accuracy of collected information. This problem can have serious consequences in hospital environments, where proper temperature is essential for preserving the quality and effectiveness of medications, supplies, and samples. IoT technology offers an excellent alternative to resolve these issues, allowing for distributed connections through the internet, data collection, easy access, and flexibility in routine processes. A case study was conducted in a reference hospital in the western state of Paraná, where a temperature and humidity collection system was implemented in the surgical center pharmacy refrigerator. Results from this proposed method were compared to manually collected data, seeking reliability of information. Implementation of this system may contribute to reducing material, medication, supply, and sample loss, in addition to providing greater security and reliability to patients treated by the hospital.

Artigo recebido em: 21.06.2023.  
Aprovado para publicação em:  
11.10.2023.

## INTRODUÇÃO

O avanço tecnológico tem proporcionado cada vez mais praticidade e facilidade nas tarefas diárias. Dentro deste contexto, recursos distribuídos difundidos e ubíquos, como o IoT (Internet das coisas) se tornaram presentes e uma excelente alternativa para diversas áreas de tipos de problemas, incluindo automação residencial, gerenciamento de plantas industriais, agronegócio, área da saúde, entre outros (Ávila, 2012).

Dentro deste contexto, o presente trabalho foca em problemas do setor hospitalar, sendo o estudo de caso direcionado a adoção de IoT para o controle da temperatura dos refrigeradores em ambientes hospitalares, tarefa que atualmente é realizada de modo manual.

Considerando a realidade dos hospitais e a resistência na implantação em relação a adoção de tecnologias emergentes, faz-se necessário questionar: **“Qual a importância da implantação do sistema IoT para monitoramento de temperatura e umidade de refrigeradores e ambientes em âmbito hospitalar?”**

Na atualidade, um dos desafios enfrentados no âmbito hospitalar é o processo manual de coleta de dados de temperatura e umidade. Geralmente, uma auxiliar de farmácia ou laboratório é responsável por coletar esses dados três vezes ao dia, nos períodos matutino, vespertino e noturno. No entanto, esse método pode apresentar falhas devido a possíveis intercorrências no setor, o que pode resultar em uma coleta e análise incompleta dos dados ou mesmo em dados imprecisos, já que o auxiliar pode estar realizando outras tarefas simultaneamente. Diante disso, faz-se necessário explorar alternativas mais eficientes e precisas para coletar e analisar esses dados no ambiente hospitalar.

A tecnologia IoT consiste em um sistema de fácil identificação e utilização em equipamentos, interconectados com a Internet por meio de sensores, criando um ecossistema de computação onipresente e ubíquo, voltado para a facilitação do cotidiano das pessoas. Essa interconexão possibilita novas formas de interações, coleta de informações, facilidade de acesso e flexibilidade nos processos rotineiros. Embora não exista conceito único e unânime de IoT, todas as definições convergem em como os computadores, sensores e objetos interagem uns com os outros e processam informações em contexto de hiperconectividade (Magrini, 2021).

Sendo assim, este trabalho tem como objetivo, através de uma pesquisa de campo, a implantação de um sistema de IoT para monitoramento de temperatura de refrigerador e temperatura e umidade de ambientes, impedindo assim a perda de materiais, medicamentos, insumos ou amostras acondicionadas na temperatura correta, conforme prevê a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa).

A implantação do sistema de coleta de temperatura e umidade foi realizado em um refrigerador da Farmácia do Centro Cirúrgico (CC) de um hospital referência no oeste do estado do Paraná. Para efeito experimental, os resultados obtidos por meio do método proposto, foram comparados com os dados coletados manualmente, buscando fidedignidade das informações. Também foi disponibilizado para a equipe tática da farmácia, acesso ao sistema de coleta e formato leitura/acompanhamento por meio de *dashboard*.

O objetivo deste trabalho consiste em implantar uma solução automatizada para a coleta de temperatura e umidade em ambiente hospitalar, visando melhorar o processo atual que é realizado manualmente. Além disso, o sistema proposto tem como objetivo proporcionar maior confiabilidade ao processo de coleta de dados, bem como garantir a segurança dos pacientes, ao monitorar continuamente as condições ambientais em que eles se encontram.

Tal solução será realizada por meio da tecnologia IoT (Internet das Coisas). O sistema proposto permitirá a coleta automatizada de dados, que serão enviados para um servidor central em tempo real, garantindo maior precisão e eficiência na análise dos dados coletados.

Para alcançar esses objetivos, serão discutidos os detalhes da implementação do sistema, incluindo a escolha dos sensores, a configuração da rede IoT, o desenvolvimento do software para a coleta e análise dos dados, e a integração do sistema com o ambiente hospitalar.

## HIPÓTESE

A implementação de um sistema automatizado, em tempo real, por meio da tecnologia IoT proporcionará aumento de eficiência da coleta, monitoramento e análise de dados de temperatura de refrigerador e temperatura e umidade de ambientes, permitindo uma melhor tomada de decisão por parte dos usuários.

## REVISÃO DA LITERATURA

Em 1990, John Romkey criou o primeiro dispositivo com o conceito de Internet das Coisas (IoT). John desenvolveu uma torradeira que podia ser ligada e desligada, pela rede tcp/ip (Tanenbaum, 2021) e foi apresentado na conferência interop em 1989. Dan Lynch, então presidente da Interop, prometeu a John que se a torradeira fosse ligada pela Internet, o aparelho estaria em exibição durante a conferência, e se tornou um grande sucesso (Mancini, 2018).

Em 1999, Kevin Ashton adicionou um microchip de radiofrequência (RFID) em um batom, criando assim um sistema de rastreamento de objetos pela Internet. No intuito de ajudar em sua apresentação ao executivos da P&G (Procter & Gamble), Kevin Ashton usou um nome curto e um pouco gramatical: “Internet das Coisas” (Internet of Things – IoF, na sigla em inglês). Decorrente ao fato, em 2013, a Oxford incluiu a expressão “Internet of Things” em seu dicionário, definida como “uma proposta de desenvolvimento da Internet em que os objetos cotidianos têm conectividade com a rede, permitindo que enviem e recebam dados” (Ashton, 2015).

Cantanhede (2014) dita que o crescimento e a utilização do IoT evolui conforme o crescimento das formas de comunicação e popularização da Internet, comunicações como WiFi, bluetooth, NFC, entre outros. Soluções em IoT, atualmente são utilizadas em diversos ambientes de rede, desde redes pessoais (PAN), conceito muito utilizado em monitorados de dispositivos cardíacos ao um dispositivo móvel, em redes locais (LAN), metropolitanas (MAN) e de longa distância (WAN).

Em 2017, Palacio *et al.*, desenvolveram um monitor móvel de medicamentos para garantir a integridade da cadeia de frio. Este dispositivo era equipado com GPS (Global Positioning System), um sensor de temperatura, uma Raspberry Pi e usava o Bluetooth LE para se conectar ao *smartphone* do transportador. O objetivo era transmitir informações, em tempo real, sobre a localização geográfica e a temperatura dos medicamentos, utilizando um servidor na nuvem.

Esse monitoramento é importante devido à necessidade de controle de qualidade e de vida útil de cada produto monitorado. Alguns medicamentos perdem estabilidade quando armazenados fora da temperatura indicada pelo fabricante, o que pode prejudicar os pacientes (Kauling, 2013).

Por essas e outras razões, os sistemas IoT têm sido usados sem uma ampla variedade de aplicações, incluindo segurança industrial, pessoal e pública, animais, registro de preços em supermercados, cadeia de suprimentos, indústria farmacêutica e ambientes hospitalares, entre outros (Ilie-Zudor, 2011).

O conceito de IoT refere-se a objetos com identificadores únicos e suas representações análogas em sistemas de Internet, é muitas vezes visto como um pré-requisito, visto que as tecnologias podem automatizar esse cenário de monitoramento manual (Jia, 2012).

## SENSORES

De acordo com as diretrizes da Anvisa, é recomendado o uso de sensores Termo-higrômetro e Anemômetro para o monitoramento adequado das condições de armazenamento de medicamentos termolábeis. O Termo-higrômetro é composto por um sensor de temperatura do tipo termo-resistência e por um sensor de umidade de tipo capacitivo ou por condutividade elétrica. A calibração desse amostrador deve ser realizada anualmente, com uma faixa de medição que vai de 0°C a 70°C de temperatura e 5% a 95% de umidade. A exatidão da leitura direta é de  $\pm 0,8^\circ\text{C}$  de temperatura e  $\pm 5\%$  do valor medido de umidade. Já o Anemômetro, como amostrador de leitura direta, é composto preferencialmente por um sensor de velocidade do ar de tipo fio aquecido ou fio térmico (Anvisa, RE nº 9, de 16 de janeiro de 2003).

Neste trabalho foi utilizado o sensor DHT22 (Figura 1) para monitorar a temperatura ambiente, abrangendo mensurar a temperatura e a umidade relativa do ar. Conhecido por sua ampla utilização em aplicações de monitoramento ambiental e controle de climatização, o DHT22 é um dispositivo de medição digital que opera com base em princípios capacitivos e resistivos. A umidade é determinada pela variação da capacitância entre dois terminais do sensor, enquanto a temperatura é medida pela variação da resistência de um termistor integrado (Adafruit, 2021).

O DHT22 é uma opção popular devido à sua alta precisão, longa vida útil, baixo custo e fácil integração com microcontroladores. Este sensor possui uma faixa de medição de temperatura de -40 a 80 graus Celsius e uma faixa de medição de umidade relativa de 0% a 100%. A precisão da temperatura é de  $\pm 0,5^\circ\text{C}$ , enquanto a precisão da umidade é de  $\pm 2\%$  (Adafruit, 2021).

O monitoramento do refrigerador foi projetado com o sensor Impermeável DS18B20, sendo que o mesmo é baseado no princípio de medição resistiva, onde a temperatura é medida pela variação da resistência de um termistor integrado. É capaz de fornecer medições precisas, de temperatura, em uma faixa de  $-55^\circ\text{C}$  a  $+125^\circ\text{C}$ , com uma resolução de até  $0,5^\circ\text{C}$ . Além disso, este sensor possui uma saída digital, que permite a sua integração com sistemas eletrônicos, como microcontroladores, placas de desenvolvimento, entre outros dispositivos. O DS18B20 é projetado com uma capa protetora que o torna impermeável e resistente à umidade. Isso significa que o mesmo pode ser instalado em ambientes úmidos ou submersos, sem prejudicar a sua precisão ou o seu desempenho. Além disso, a capa protetora também protege o sensor contra danos mecânicos, tornando-o uma escolha ideal para aplicações em condições adversas (Maxim, 2019).

## MICROCONTROLADOR E OUTROS COMPONENTES

No projeto em questão, aplicou-se a placa ESP32 (Figura 1), que é uma plataforma de hardware de código aberto, altamente versátil e poderosa. A ESP32 combina vários recursos em um único chip, incluindo processamento, comunicação sem fio e conectividade. O ESP32 é baseado em uma arquitetura dual-core de microcontrolador, que consiste em dois núcleos Xtensa LX6 de 32 bits, que podem operar a frequências até 240 MHz. Isso significa que é capaz de realizar várias tarefas de modo rápido e eficiente (Espressif, 2019).

De acordo com o *datasheet* do ESP32, a placa possui uma memória *flash* integrada de até 4 MB e uma memória RAM de até 520 KB, permitindo a execução de aplicativos complexos e a armazenagem de dados. O ESP32 também possui uma ampla gama de recursos de segurança, incluindo criptografia de hardware AES, autenticação de Wi-Fi baseada em certificados e gerenciamento de chaves criptográficas. Em resumo, o ESP32 é uma plataforma completa e confiável, que oferece uma ampla gama de recursos para desenvolvimento de projetos IoT e outras aplicações (Espressif, 2019).

Para demonstrar, no dispositivo, os dados coletados no local, utilizou-se um *display* modelo lcd crystal 16x2, sendo um *display* de cristal líquido que é amplamente utilizado em aplicações eletrônicas devido à sua alta visibilidade e facilidade de utilização.

Segundo *datasheet*, o *display* possui 16 colunas e 2 linhas, o que significa exibir até 32 caracteres em única tela. O Display LCD Crystal 16x2 utiliza a técnica de matriz ativa, onde cada ponto da tela é controlado por um cristal líquido que pode ser polarizado, de modo a bloquear ou permitir a passagem da luz. Esses cristais líquidos são controlados por pinos de controle, que são usados para selecionar a posição da coluna e da linha que deve ser iluminada. Além disso, o Display LCD Crystal 16x2 possui uma interface de dados de 8 bits, que permite a transferência de dados para a tela de forma rápida e eficiente. Também possui pinos de controle de contraste e brilho, que permitem ajustar a intensidade da imagem exibida na tela (HANDSON). A Figura 1 demonstra a ligação interna do dispositivo IoT, desenvolvido e utilizado nesta pesquisa.

Figura 1: Demonstração de conexão interna do protótipo IoT criado pelo autor.



Fonte: Imagem criada pelo autor.

## MONITORAMENTO E DASHBOARD

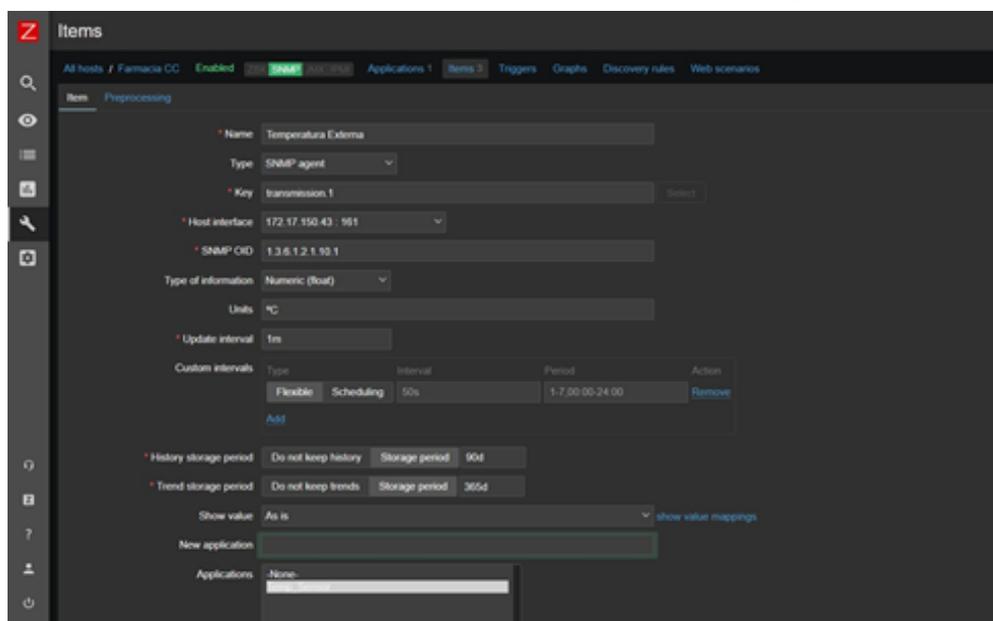
O monitoramento, em tempo real, foi desenvolvido por meio da ferramenta open source Zabbix, amplamente utilizada para monitorar e gerenciar dispositivos de rede, sistemas, aplicativos e serviços. O Zabbix possui suporte a uma ampla gama de protocolos, incluindo IPMI, JMX, SNMP, entre outros, além de permitir monitorar praticamente qualquer tipo de dispositivo ou serviço na rede (Lima, 2014).

Zabbix é uma plataforma de monitoramento de código aberto criada por Alexei Vladishev em 1998 e atualmente mantida e suportada pela Zabbix SIA. Como uma ferramenta versátil, ela permite monitorar uma ampla gama de dispositivos em uma rede de computadores, tornando-a uma escolha popular para empresas em busca de soluções de monitoramento de TI eficientes (Lima, 2014).

No início da década de 80, o Internet Engineering Task Force (IETF) iniciou o desenvolvimento do Simple Network Management Protocol (SNMP) com o propósito de fornecer uma maneira fácil e eficiente de gerenciar dispositivos em uma rede de computadores. As investigações no campo da administração de redes visam maximizar o desempenho da rede (Beethovem, 2001).

A integração entre o ESP32 e o Zabbix é uma etapa importante para a monitoração eficiente de dispositivos em sua rede. Para realizá-la, é necessário utilizar uma MIB (Base de Informações de Gerenciamento), que é uma ferramenta que atua em conjunto com o protocolo SNMP. A MIB é responsável por coletar informações importantes sobre o dispositivo e transmiti-las para o Zabbix, que pode então processar essas informações para monitorar e garantir a integridade e o funcionamento dos dispositivos em sua rede. Em outras palavras, a MIB realiza a conexão entre o ESP32 e o Zabbix, permitindo uma monitoração eficiente e precisa dos dispositivos. Na Figura 2 demonstra-se a configuração MIB do sensor de temperatura externa do dispositivo no Zabbix.

Figura 2: Configuração MIB do sensor de temperatura externa do dispositivo no Zabbix



Fonte: Imagem criada pelo autor utilizando a ferramenta Zabbix.

Para facilitar o modelo e apresentação para a farmácia, foi utilizada a ferramenta *open source*, conhecida como Grafana. O *dashboard* do Grafana apresenta a temperatura do refrigerador, a temperatura do ambiente e umidade do ambiente, sempre com o valor atual (tempo real), assim como o máximo e mínimo conforme composição do filtro no *dashboard*. Esse recurso disponibilizado aos farmacêuticos, contempla o acesso a dados e históricos relevantes, permitindo-lhes filtrar informações por períodos específicos. Isso garante uma maior independência na gestão de informações e será de grande valia em eventuais auditorias. Com este recurso, os farmacêuticos terão a sua disposição uma visão mais clara e detalhada dos dados, o que permitirá uma gestão mais precisa e eficácia das suas decisões. O *dashboard* criado neste trabalho, com as informações de temperatura do refrigerador, temperatura do ambiente e umidade do ambiente, é demonstrado por meio da Figura 3.

Figura 3: Dashbord criado com a ferramenta Grafana.



Fonte: Imagem criada pelo autor utilizando a ferramenta Grafana.

### TEMPERATURA AMBIENTE E DE MEDICAMENTOS TERMOLÁBEIS

Os medicamentos termolábeis são aqueles que são afetados pelas altas temperaturas. Esses medicamentos podem perder sua eficácia, ou até mesmo se tornarem tóxicos quando expostos a temperaturas elevadas. Por esse motivo, é importante armazená-los em condições adequadas para garantir sua qualidade e eficácia. Isso inclui controlar a temperatura e umidade em que são armazenados (Rapkiewicz, 2014).

De acordo com Rapkiewicz e Grobe (2014), autores do “Cuidados no armazenamento de medicamentos sob refrigeração – CFR-PR”, medicamentos termolábeis, particularmente sensíveis à ação de temperatura, geralmente são armazenados em refrigeradores com temperatura média de +2°C à +8°C.

O armazenamento inadequado de medicamento termolábeis pode resultar em perda de sua eficácia, além de potencial risco a saúde dos pacientes. Por isso, é importante seguir as diretrizes da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) e manter as condições de armazenamento adequado (Brasil, 2019).

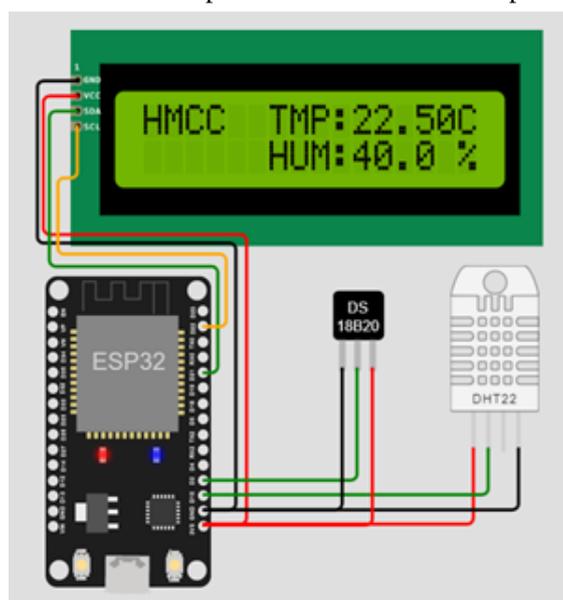
A Anvisa é responsável por regular e fiscalizar a qualidade dos medicamentos no Brasil, incluindo diretrizes sobre o armazenamento adequado de medicamentos termolábeis. A Anvisa publicou a Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) nº 304 de 2019, que estabelece requisitos mínimos para o armazenamento de medicamentos, no artigo XVI, determina que a temperatura máxima seja igual ou inferior a 8°C.

A RDC nº 9 de 2003 da Anvisa, indica as faixas recomendadas de temperatura e umidade relativa para ambientes internos em diferentes épocas do ano. Para o verão, a temperatura recomendada varia de 23°C a 26°C, com exceções para ambientes de arte (21°C a 23°C) e acesso (até 28°C). A umidade relativa recomendada varia de 40% a 65%, com exceções para ambientes de arte (40% a 55%) e acesso (até 70%). Para o inverno, a temperatura recomendada varia de 20°C a 22°C e a umidade relativa de 35% a 65%. A escolha da faixa de operação depende da finalidade e do local de instalação.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho busca investigar as condições de temperatura e umidade em uma farmácia do Centro Cirúrgico de um hospital referência localizado no oeste do Paraná, por meio de uma pesquisa de campo com coleta de dados ocasionais. A coleta de dados foi realizada com o uso de um dispositivo equipado com sensores de temperatura e umidade, instalado tanto no refrigerador quanto no ambiente do setor. O monitoramento foi realizado com a ferramenta *open source* Zabbix, e os dados foram armazenados com informações de data, hora e temperatura e umidade. Um *dashboard* foi disponibilizado com dados táticos para o gerente da farmácia, usando o software *open source* Grafana. A Figura 4 demonstra a arquitetura da solução, e nas próximas seções serão apresentados os seus componentes.

Figura 4: Demonstração da arquitetura do protótipo IoT para gerenciamento de umidade e temperatura em ambiente hospitalar



Fonte: Imagem criada pelo autor utilizando a ferramenta Grafana.

## COLETA DE DADOS

Seguindo as diretrizes estabelecidas pela ANVISA, o hospital em que foi aplicado o presente estudo de caso, estabelece rotina com os auxiliares de farmácia do Centro Cirúrgico (CC), onde realizam a coleta manual de dados de temperatura do refrigerador. Essa técnica é realizada diariamente em três (3) períodos distintos: manhã, tarde e noite, e consiste em registrar os valores máximos, atuais e mínimos da temperatura.

No entanto, a coleta manual de dados de temperatura é uma tarefa que requer a presença de um colaborador para realizar a leitura dos valores. Com um número reduzido de colaboradores pode ser difícil garantir esta leitura em todos os períodos do dia. Nesse contexto, as auxiliares de farmácia conseguiram realizar a rotina de leitura do refrigerador somente no período noturno devido à sua disponibilidade em relação às outras atividades que executam durante o dia.

Nas Figuras 5 e 6, demonstram-se os dados referentes as leituras manuais realizadas pela equipe da farmácia no mês de fevereiro de 2023.

Figura 5: Dados coletados manualmente sobre controle de temperatura do refrigerador.

COMISSÃO DE CONTROLE DE INFECÇÃO HOSPITALAR 2023

Controle da Temperatura da Geladeira da Farmácia Centro Cirúrgico

MÊS: FEVEREIRO

Hr	DIAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
M A N H A	Máxima Out																																
	Mínima Out																																
	Momento Out																																
	Ambiente (H)																																
	Assinatura																																
Nome do colaborador da escala:																	Nome do colaborador da escala:																
T A R D E	Máxima Out																																
	Mínima Out																																
	Momento Out																																
	Ambiente (H)																																
	Assinatura																																
Nome do colaborador da escala:																	Nome do colaborador da escala:																
N O I T E	Máxima Out																																
	Mínima Out																																
	Momento Out																																
	Ambiente (H)																																
	Assinatura																																
Nome do colaborador da escala:																	Nome do colaborador da escala:																

Rotina da Geladeira de Medicação  
 A temperatura das medicações, após reconstituição deve ser mantida entre 4° a 8° c  
 A limpeza da geladeira deve ser feita com água e sabão neutro  
 Armazenar: medicações identificada com: data, horário de abertura, dosagem diluição e assinatura do funcionário

Fonte: O autor.

Figura 6: Dados coletados manualmente sobre, controle de temperatura e umidade ambiente.

COMISSÃO DE CONTROLE DE INFECÇÃO HOSPITALAR - FARMÁCIA CENTRAL 2023

CONTROLE DA TEMPERATURA AMBIENTE DA FARMÁCIA CENTRO CIRÚRGICO

Mês: FEVEREIRO

Hr	DIAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
M A N H A	Máxima Out																																
	Mínima Out																																
	Umidade Rel																																
	Momento																																
	Assinatura																																
Nome do colaborador da escala:																	Nome do colaborador da escala:																
T A R D E	Máxima Out																																
	Mínima Out																																
	Umidade Rel																																
	Momento																																
	Assinatura																																
Nome do colaborador da escala:																	Nome do colaborador da escala:																
N O I T E	Máxima Out																																
	Mínima Out																																
	Umidade Rel																																
	Momento																																
	Assinatura																																
Nome do colaborador da escala:																	Nome do colaborador da escala:																

Limpeza do local: \_\_\_\_\_ Ass. do funcionário: \_\_\_\_\_

A temperatura do ambiente deverá ser mantida entre 15° e 25°C.  
 Qualquer variação comunicar o farmacêutico  
 Anotar observações sempre que houver queda de energia ou problemas no ambiente ou termômetro

Fonte: O autor.

Analisando os dados coletados de forma manuais de temperatura e umidade no refrigerador, só foi constatado leituras no período noturno (Figura 5). Comparando os dados coletados manualmente com os obtidos através do sistema IoT implantado, observou-se que as coletas manuais apresentaram dados semelhantes durante todo o período noturno, sem variações significativas. No entanto, não foi possível obter dados para os períodos diurno e vespertino, devido à ausência de coletas nesses horários. Com a aplicação da tecnologia IoT, foi possível coletar e registrar dados de temperatura e umidade de forma automatizada, permitindo o

monitoramento contínuo dos refrigeradores e oscilações de temperatura não registradas manualmente. Essa tecnologia possibilitou a detecção imediata de eventuais falhas no controle da temperatura, minimizando riscos de perdas de materiais, medicamentos e amostras, além de contribuir para a segurança e confiabilidade no atendimento aos pacientes.

Durante o período de 13 de fevereiro de 2023 até 20 de fevereiro de 2023, a farmácia do Centro Cirúrgico utilizou o dispositivo IoT e o dashboard para visualização das informações coletadas no refrigerador automatizado, obtendo diversas vantagens em relação à coleta manual de dados de temperatura.

No decorrer os testes realizados no dispositivo IoT, foi inicialmente configurada uma frequência de coleta de dados a cada 5 (cinco) segundos. Entretanto, devido à alta precisão do sensor utilizado, essa configuração gerava uma grande oscilação nos dados coletados. Por exemplo, ao abrir a porta da geladeira para coletar medicamentos ou realizar algum abastecimento, a temperatura do sensor aumentava rapidamente, variando de +2 graus a +12 graus em apenas 30 segundos. Como forma de minimizar essa oscilação, optou-se por aumentar o intervalo de coleta de dados para 1 (um) minuto. Tal mudança proporcionou uma maior estabilidade nos valores coletados, em comparação com o sensor anterior, possibilitando uma análise mais precisa e confiável dos dados. Dessa forma, a alteração na frequência de coleta de dados demonstrou ser uma importante estratégia para evitar oscilações bruscas e imprecisões na leitura da temperatura em um ambiente hospitalar.

As informações foram enviadas para o *dashboard*, que foi disponibilizado para gerentes e supervisores da farmácia, permitindo o acompanhamento fácil e rápido dos dados coletados. A disponibilidade das informações, em um *dashboard* acessível em qualquer dispositivo na rede da farmácia, permitiu que os envolvidos na gestão do refrigerador tivessem acesso aos dados em qualquer lugar e a qualquer momento, facilitando o monitoramento e a tomada de decisões.

Com a apresentação dos dados, em tempo real, a farmácia conseguiu tomar decisões mais precisas e rápidas, como ajustar a temperatura do refrigerador ou realizar manutenções preventivas antes que ocorram problemas mais graves. A utilização do dispositivo IoT e do *dashboard* também permitiu um controle mais eficiente da temperatura do refrigerador, o que pode contribuir para a preservação da qualidade dos medicamentos e outros produtos armazenados.

Utilizando o dispositivo IoT e o *dashboard* para o controle de temperatura em refrigeradores de medicamentos, foi possível obter uma série de vantagens em relação ao processo manual de coleta de dados. A coleta automatizada permitiu a geração de estatísticas mais precisas e confiáveis, com uma maior quantidade de dados disponíveis. Além disso, a eliminação da intervenção humana na coleta de dados reduziu a possibilidade de erros causados por falhas humanas, aumentando a precisão dos resultados. Também cabe ressaltar que a facilidade de coleta dos dados liberou o tempo dos colaboradores da farmácia para a realização de outras atividades importantes.

O uso da tecnologia IoT para monitoramento de temperaturas em refrigeradores de medicamentos está na mesma linha de trabalhos apresentados na literatura científica, que relatam a importância de uma gestão rigorosa e controlada das condições de armazenamento de medicamentos e outros produtos hospitalares. Dessa forma, a tecnologia pode ser aplicada para diversas atividades e serviços do hospital, contribuindo para a melhoria da qualidade e segurança dos serviços prestados e para a satisfação do paciente. Os dados relativos à coleta do equipamento IoT, apresentados no *dashboard* do dia 13 de fevereiro de 2023 até 20 de fevereiro de 2023, são ilustrados por meio da Figura 7.

Figura 7: Imagem criado pelo autor, dados de 7 (sete) dias de coleta de informação.



Fonte: O autor.

## CONCLUSÃO

Neste projeto foi alcançado o sucesso em todos os requisitos propostos, explorando conceitos avançados que tornaram o monitoramento mais fácil e eficiente, e deste modo confirmando a hipótese deste trabalho, assim como atendendo aos objetivos traçados inicialmente.

A solução apresentada foi capaz de proporcionar informações, em tempo real, utilizar a tecnologia Internet das Coisas (IoT), parametrizável para diferentes tipos de sensores e atender às necessidades do monitoramento de recursos. Além disso, foi possível garantir baixo custo, alta eficiência operacional e disponibilidade de monitoramento.

Através da coleta manual de dados observa-se algumas limitações quanto à confiabilidade das informações obtidas. Isso ocorre porque o mesmo auxiliar que audita as informações e as anota em sua rotina também manipula o refrigerador, o que pode levar a erros ou omissões. Além disso, a possibilidade de deixar o refrigerador aberto por períodos prolongados pode resultar em variações na temperatura, afetando a precisão dos dados coletados. É importante destacar que a confiabilidade dos dados é essencial para garantir a validade dos resultados e a eficiência dos medicamentos.

A solução realizada por meio deste trabalho está pronta para ser implementada em grande escala, oferecendo a oportunidade de expandir sua aplicação para outros setores do hospital, e também para outras instituições hospitalares ou que tenham demandas similares. No entanto, existem ainda muitas oportunidades para melhorar o software do projeto, incluindo novos recursos de monitoração e gerenciamento de dados, para atender ainda mais as demandas dos gestores da estação monitorada.

Como próximo passo, o projeto pode ser ampliado para incluir novas funcionalidades, como implementação de alertas e na adição de novos sensores para identificar, com precisões, outras variáveis nos refrigeradores. Estes avanços permitirão uma monitoração ainda mais eficiente e eficaz, trazendo benefícios para o hospital e seus clientes.

Por fim, cabe ressaltar que a aplicação de tecnologia, como a proposta neste trabalho, traz ganhos de qualidade sobre os processos, assim como permite maior segurança aos pacientes, e possibilita aos colabora-

dores focar em suas atividades essenciais. Deste modo conclui-se que os ganhos abrangem questões técnicas e financeiras, de modo a otimizar as tarefas operacionais do hospital e auxilia a instituição no cumprimento de sua missão.

## REFERÊNCIAS

- ADAFRUIT. **DHT11, DHT22 and AM2302 Sensor**. Datasheet. 2021. Disponível em: <<https://www.mouser.com/datasheet/2/737/dht-932870.pdf>>.
- ALVES, E. T. A. *et al.* **Estudo de caso: sistema para monitoramento de temperatura e umidade em farmácias e almoxarifados**. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica. 2014. p. 1208-1211.
- ÁVILA, A. **Identificação por radiofrequência: tecnologia inteligente, hospital eficiente, qualidade e segurança para o paciente** [monografia]. Instituto de Comunicação e Informação Científica e Tecnológica em Saúde, Fundação Oswaldo Cruz / Grupo Hospitalar Conceição, Rio Grande do Sul, 2012.
- BEETHOVEM Z. Dias; Nilton A. Jr. **Protocolo de gerenciamento SNMP**. 2001.
- BRASIL. **Resolução RDC nº 304**, de 17 de setembro de 2019. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 2019. ISSN 1677-7042. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-rdc-n-304-de-17-de-setembro-de-2019-216803526>.
- BRASIL. **Resolução RDC nº 360**, de 27 de março de 2020. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 2020. ISSN 1677-7042. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-de-diretoria-colegiada-rdc-n-430-de-8-de-outubro-de-2020-282070593>
- DA SILVA, Diego Mendes *et al.* **Criação de Modelo de Detecção de Anomalias para Termômetro IoT Usado em Refrigeradores Hospitalares**. Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada, v. 6, n. 5, p. 120-128, 2021.
- DE OLIVEIRA, Pedro Martins *et al.* **Um conceito inovador de dispositivo rastreável para monitorar a temperatura de produtos para saúde termossensíveis ao longo da cadeia de frio**.
- ESPRESSIF. ESP32 Series. **Datasheet. 2019**. Disponível em: <https://html.alldatasheet.com/html-pdf/1148023/ESPRESSIF/ESP32/564/1/ESP32.html>
- HANDSON, Technology. **I2C Serial Interface 1602 LCD Module**. Disponível em: <[http://www.handsontec.com/dataspecs/module/I2C\\_1602\\_LCD.pdf](http://www.handsontec.com/dataspecs/module/I2C_1602_LCD.pdf)>.
- ILIE-ZUDOR, Elisabeth *et al.* A survey of applications and requirements of unique identification systems and RFID techniques. **Computers in Industry**, v. 62, n. 3, p. 227-252, 2011.
- JIA, Xiaolin *et al.* **RFID technology and its applications in Internet of Things (IoT)**. In: 2012 2nd international conference on consumer electronics, communications and networks (CECNet). IEEE, 2012. p. 1282-1285.
- KAULING, Greice Peplau *et al.* Utilização de medicamentos: limites e possibilidades das orientações dos Agentes Comunitários de Saúde às famílias. **O Mundo da Saúde**, v. 37, n. 1, p. 44-55, 2013.
- KEVIN, Ashton. **Entrevista exclusiva com o criador do termo “Internet das Coisas”, 2015**. Disponível em: <<http://finep.gov.br/noticias/todas-noticias/4446kevin-ashton-entrevista-exclusiva-com-o-criador-do-termo-internet-das-coisas>> Acesso em: 24 dez. 2022.
- LIMA, J. R. **Monitoramento de Redes com Zabbix**: Monitore a saúde dos servidores e equipamentos de rede. Ed. Brasport, 2014.
- MAGRINI, Eduardo. **A internet das coisas**. Niterói, RJ: Cândido, 2021. 192 p.
- MANCINI, 2018. **A história da Internet das Coisas ou Internet of Things (IoT)**. Disponível em: <<https://www.linkedin.com/pulse/hist%C3%B3ria-da-internet-das-coisas-ou-things-iot-m%C3%B4nica-mancini/?originalSubdomain=pt>>. Acesso em: 20 out. 2022
- MAXIM Integrated Products, Inc. DS18B20 Digital Thermometer. **Maxim Integrated Datasheet: 2019**. Disponível em: <https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/ds18b20.pdf>
- PALACIO, M. G.; PALACIO, L. G.; MONTEALEGRE, J. J. Q.; PABÓN, H. J. O.; RISCO, M. A. L. D.; ROLDÁN, D.; SALGARRIAGA, S.; VÁSQUEZ, P.; HERNÁNDEZ, S.; MARTÍNEZ, C. **A novel ubiquitous system to monitor**
- BARBOSA, T.L.; MACHADO, R.B. Sistema IOT para Monitoramento de Temperatura e Umidade de Refrigeradores e Ambientes em Hospital do Oeste do Paraná: Estudo de Caso. *Pleiade*, 17(41): 124-136, Out.-Dez., 2023  
DOI: 10.32915/pleiade.v17i41.958

---

**medicinal cold chains in transportation.** In: IEEE. 2017 12th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI). [S.l.], 2017. p. 1–6.

RAPKIEWICZ, Jackson. C.; GROBE, Rafael. **Cuidados no armazenamento de medicamentos sob refrigeração,** 2014. Disponível: <[https://www.crf-pr.org.br/uploads/revista/24141/cim\\_crf\\_pr\\_2\\_2014\\_web.pdf](https://www.crf-pr.org.br/uploads/revista/24141/cim_crf_pr_2_2014_web.pdf)>.

SIOT. **Defendendo a Internet das Coisas contra Exploits, 2014.** Disponível em: <<http://sbrc2014.ufsc.br/anais/files/trilha/ST14-1.pdf>>. Acesso em: 20 out. 2022.

SOUZA, Daniel Silva de *et al.* **Estudo da aplicação de um sistema IoT baseado no protocolo de comunicação MQTT a área da robótica industrial.** 2018.

TANENBAUM, Andrew S. **Redes de computadores.** 6. ed. Rio de Janeiro: Elsevier Editora Ltda, 2021.

