

MONITOR DE TEMPERATURA AUTOMATIZADO PARA ESTOQUE DE MEDICAMENTOS

Anderson Luis Cerri, Diego Carvalho Rodrigues, Marcos Henrique Silva Mesquita

Faculdade de Tecnologia de Ribeirão Preto (FATEC)

Ribeirão Preto, SP – Brasil

anderson.cerri@fatec.sp.gov.br,
diego.rodrigues47@fatec.sp.gov.br,
marcos.mesquita01@fatec.sp.gov.br

Resumo. *O artigo descreve como um monitor de temperatura de baixo custo pode ser construído utilizando o microcontrolador ESP32 e o sensor de temperatura e umidade DHT22, tornando-se uma opção acessível e de fácil implementação para instituições com limitações financeiras. Por fim, conclui-se que é possível conciliar as normas da ANVISA com a viabilidade financeira, utilizando tecnologias disponíveis e acessíveis para garantir um sistema de monitoramento de temperatura seguro e eficiente em hospitais e farmácias.*

Palavras-chaves: Medicamento; Temperatura; Monitoramento; Distribuição; Armazenamento; Legislação; Qualidade; Esp32; Dht22.

Abstract. *The article describes how a low-cost temperature monitor can be built using the ESP32 microcontroller and the DHT22 temperature and humidity sensor, making it an affordable and easy-to-implement option for institutions with financial limitations. Finally, it is concluded that it is possible to reconcile ANVISA standards with financial viability, using available and accessible technologies to ensure a safe and efficient temperature monitoring system in hospitals and pharmacies.*

Keywords: Medicine; Temperature; Monitoring; Distribution; Storage; Legislation; Quality; Esp32; Dht22.

1. Introdução

A temperatura é uma das variáveis mais importantes para garantir a qualidade e segurança de medicamentos e insumos armazenados em hospitais e farmácias. A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) estabelece normas rigorosas para a manutenção da temperatura em locais de armazenamento de medicamentos, incluindo limites máximos e mínimos e a necessidade de monitoramento constante (AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. RDC nº 304, de 17 de setembro de 2019). Assim, é importante destacar que a conservação adequada dos medicamentos é fundamental para garantir a eficácia e a qualidade dos mesmos. Portanto a temperatura é um fator crítico para a conservação de medicamentos, já que a exposição a temperaturas inadequadas pode afetar a estabilidade dos produtos e comprometer sua eficácia. Por isso, a monitoração da

temperatura é essencial em todos os estágios da cadeia de distribuição e armazenamento de medicamentos. A Figura 1 apresenta um modelo de monitor de temperatura empregado na área de saúde. Quadro 1 apresenta as faixas de temperatura para conservação de medicamentos segundo a Farmacopéia (2023).



Figura 1. Monitor da marca Testo, modelo Saveris 2.

Fonte: (TESTO, 2023)

Quadro 1. Faixas de temperatura para conservação de medicamentos

Condição de Armazenamento	Faixa de Temperatura
Em congelador	Entre -20 °C e 0 °C
Em refrigerador	Entre 2 °C e 8 °C
Local fresco	Entre 8 °C e 15 °C
Local frio	Não exceder 8 °C
Temperatura ambiente	Entre 15 °C e 30 °C
Local quente	Entre 30 °C e 40 °C
Calor excessivo	Acima de 40 °C

Fonte: (Farmacopeia 6ª Edição, 2023)

Segundo Cardoso da Silva a Resolução de Diretoria Colegiada – RDC nº 406/2020 (ANVISA, 2020) apresenta que a eficiência do medicamento é a capacidade de este produzir os efeitos benéficos pretendidos, em indivíduo de determinada população, em condições ideais de uso. Para garantir tal segurança, seja qual for a classe do medicamento, é fundamental manter a sua qualidade, a qual está relacionada à comparação com um padrão. A segurança engloba ainda uma série de outros aspectos apresentados por Silva *et al.* (2017), tais como a distribuição, o transporte e a armazenagem, fundamentais no controle e segurança das medicações.

Durante o processo de monitoramento da temperatura, um aspecto importante é o estudo de qualificação térmica, o qual consiste em distribuir instrumentos de medição de temperatura e umidade (DATA LOGGERS- Figura 2) por todo o estoque, de modo a

verificar a distribuição térmica. Para o estudo da qualificação térmica é necessário distribuir os monitores em diferentes pontos no ambiente para identificar a carga térmica da área como um todo. Assim, é possível identificar monitorar as regiões com maior ou menor temperatura e umidade do ambiente (SAMPAIO et al. 2022).



Figura 2. Datalogger utilizado em sistemas de saúde

Fonte: (ELITECH, 2023)

De acordo com as normas RDC 50/2002 e 57/2010 da ANVISA, é obrigatório que os estabelecimentos relacionados a hemocomponentes possuam um sistema de monitoramento de temperatura adequado para coleta, processamento e armazenamento desses produtos (ANVISA, 2003, ANVISA, 2010). Caso as diretrizes não sejam cumpridas, a instituição estará sujeita a punições civis, administrativas e penais, conforme previsto na Lei nº 6.437, de 20 de agosto de 1977. Atualmente, muitos hospitais e bancos de sangue utilizam termômetros analógicos ou digitais para monitorar a temperatura, e registram as informações manualmente em mapas de controle, que ficam próximos aos locais de coleta. (DA SILVA, J. R. C.; SOARES, F. A.; DA ROCHA).

De acordo com um estudo realizado por Gomes (2018) em Pernambuco, que analisou o desperdício de medicamentos oncológicos em uma clínica privada em Recife-PE, constatou-se que houve perdas de 2,66%, 3,2% e 3,0% em 2014, 2015 e 2016, respectivamente. Isso resultou em valores monetários perdidos de R\$ 87.963,85, R\$ 96.278,25 e R\$ 96.268,81. Estudos realizados em todo o mundo enfatizam a importância desse tema para uma rede de distribuição mais confiável e com soluções mais acessíveis.

Atualmente os monitores de temperatura automatizados disponíveis no mercado são caros e podem não estar acessíveis a todos os estabelecimentos de saúde. Nesse sentido, a utilização de tecnologias de baixo custo pode ser uma alternativa viável para garantir a monitoração adequada da temperatura em estoques de hospitais e farmácias.

Diante desse cenário, este artigo tem como objetivo apresentar o desenvolvimento de um monitor de temperatura de baixo custo, utilizando o microcontrolador ESP32 e o sensor DHT22, que pode ser utilizado em estoques de hospitais e farmácias. O monitor de temperatura desenvolvido tem como vantagens o baixo custo e a facilidade de implementação, o que pode contribuir para garantir a qualidade dos medicamentos e reduzir desperdícios causados pela perda de produtos devido a temperaturas inadequadas.

2. Materiais e Métodos

O projeto do monitor de temperatura passou por três etapas: definição dos requisitos, projeto, implementação, alinhados conforme apresentado na Figura 3. Na primeira etapa, foi feita uma pesquisa para entender as necessidades dos usuários e requisitos regulatórios. O sistema foi definido para monitorar a temperatura em tempo real, alertar quando a temperatura estiver fora do intervalo aceitável e armazenar dados para auditoria. Na segunda etapa, foi criado um projeto utilizando o software Solidworks (Figura 5). Na terceira etapa, o sistema foi implementado com hardware e software, enviando dados para um servidor central que processa os dados e gera alertas, incluindo uma aplicação web e interface de usuário. Na última etapa, o sistema foi testado em diferentes condições de temperatura e integração.

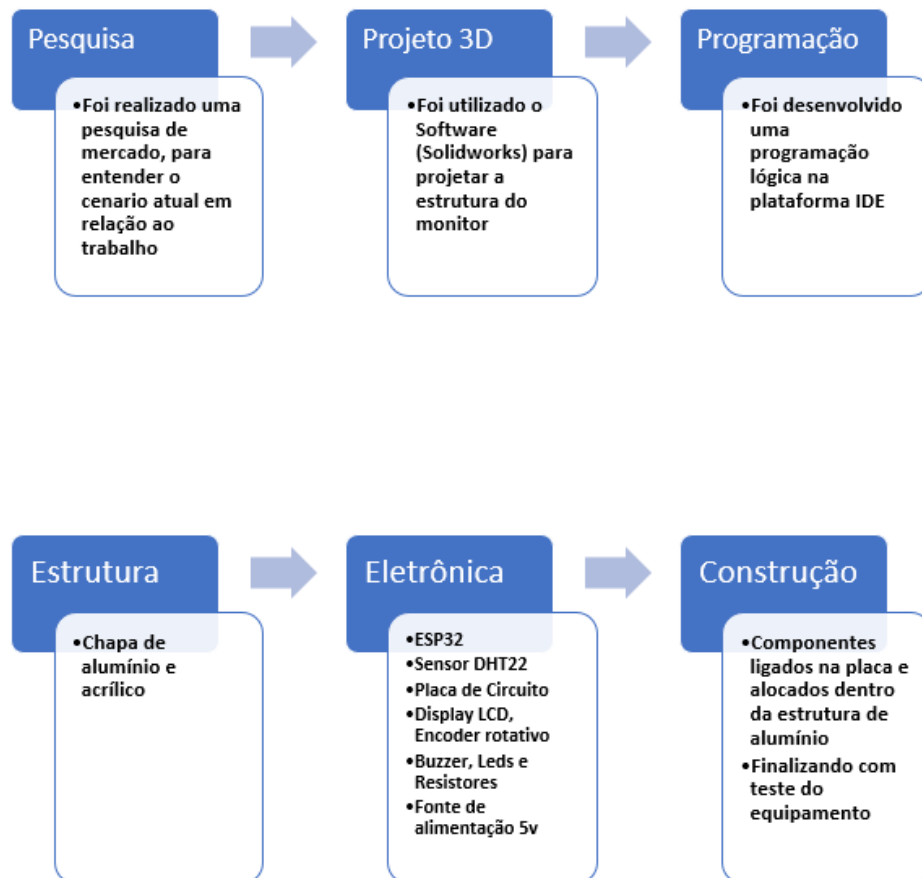


Figura 3. Fluxograma de desenvolvimento do projeto

Fonte: (Autores, 2023)

O protótipo do monitor de temperatura automatizado é composto por um microcontrolador, um sensor de temperatura, um display de LCD e uma fonte de alimentação (Figura 4). O microcontrolador utilizado é o modelo ESP32, com capacidade de controle de todas as funções do protótipo. O sensor de temperatura é o DHT22, que mede a temperatura com precisão de 0,5 graus Celsius. O display de LCD é alfanumérico, exibindo duas linhas de texto com até 16 caracteres por linha. A plataforma ESP32

transmite dados sem fio em uma distância de até 1000 metros. A fonte de alimentação utilizada é de 5V DC com entrada bivolt.

Para montar o protótipo, os componentes foram conectados ao microcontrolador seguindo o esquema elétrico descrito no manual de instruções do ESP32. O sistema foi programado usando a linguagem de programação Arduino, controlando a leitura do sensor de temperatura, a exibição dos dados no display de LCD e a transmissão dos dados via comunicação sem fio. Para avaliar a precisão do protótipo, foram realizados testes de temperatura controlada e comparados com um termômetro de precisão.

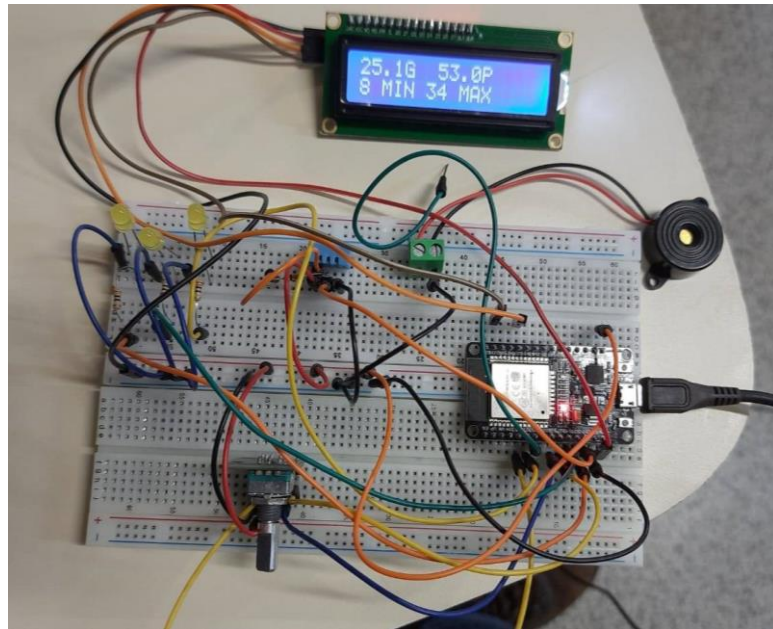


Figura 4. Testando a programação do projeto

Fonte: (Autores, 2023)

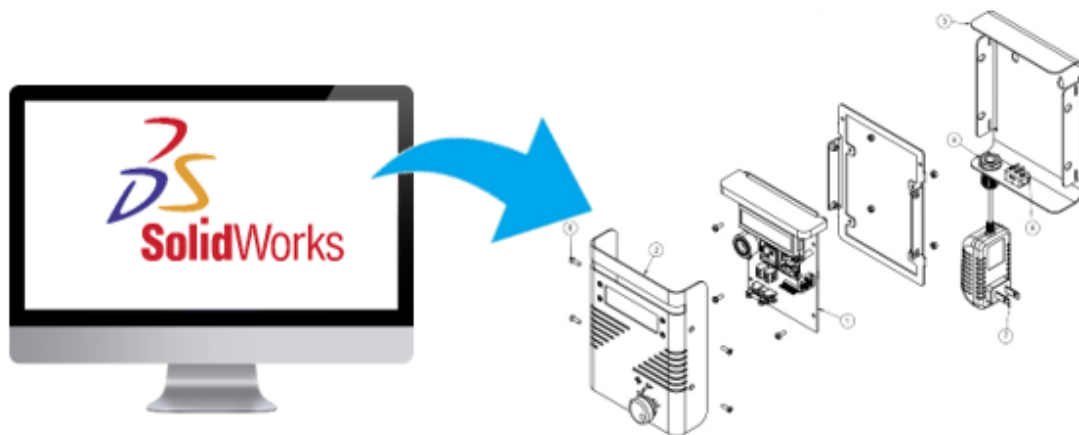


Figura 5. Imagem 2D do projeto

Fonte: (Autores, 2023)

Para a implementação do monitor de temperatura de baixo custo utilizando ESP32, foram utilizados os seguintes materiais:

- Estrutura e Acabamento
- Chapa de alumínio e acrílico
- Eletrônica
- 1 Microcontrolador ESP32;
- 1 Módulo sensor de temperatura DHT22;
- 1 Display LCD;
- 1 Buzzer;
- 4 LEDs e Resistores;
- 1 Placa de circuito;
- 1 Encoder rotativo;
- 1 Fonte de alimentação de 5V DC.

A Tabela 1 apresenta os custos para construção do sensor de temperatura. Observa-se que o custo total foi de R\$335,30, valor inferior ao encontrado no mercado comercial.

Tabela 1. Tabela de preços dos componentes utilizados

ITEM	DESCRIÇÃO	QTD.	VALOR UNIT.	VALOR TOTAL
1	DISPLAY LCD 16x2 I2C	1	R\$ 46,00	R\$ 46,00
2	BUZZER	1	R\$ 23,00	R\$ 23,00
3	MÓDULO SENSOR DHT22	1	R\$ 30,00	R\$ 30,00
4	LED ALTO BRILHO AMARELO	4	R\$ 0,50	R\$ 2,00
5	RESISTOR 180 OHMs	4	R\$ 0,25	R\$ 1,00
6	ENCODER ROTATIVO	1	R\$ 10,00	R\$ 10,00
7	PLACA ESP32	1	R\$ 55,00	R\$ 55,00
8	CARENAGEM SUPERIOR	1	R\$ 35,00	R\$ 35,00
9	CARENAGEM INFERIOR	1	R\$ 25,00	R\$ 25,00
10	SUPORTE PLACA	1	R\$ 20,00	R\$ 20,00
11	Prensa Cabo	1	R\$ 2,00	R\$ 2,00
12	CHAVE GANGORRA (ON/OFF)	1	R\$ 2,50	R\$ 2,50
13	PLACA ILHA FIBRA FENOLITE	1	R\$ 25,00	R\$ 25,00
14	FONTE ALIMENTAÇÃO DC 5V 1A	1	R\$ 15,00	R\$ 15,00
15	ACRÍLICO DISPLAY	1	R\$ 8,00	R\$ 8,00
16	ACRÍLICO ALARME	1	R\$ 20,00	R\$ 20,00
17	FUSÍVEL	1	R\$ 0,30	R\$ 0,30
18	PORTA FUSÍVEL	1	R\$ 1,50	R\$ 1,50
19	KNOB (POM)	1	R\$ 6,00	R\$ 6,00
20	ESPAÇADOR H11 (POM)	4	R\$ 2,00	R\$ 8,00
			TOTAL	R\$ 335,30

Fonte: (Autores, 2023)

O sensor de temperatura DHT22 é capaz de medir a temperatura com precisão e pode ser facilmente conectado ao ESP32. O display LCD permitirá a visualização da temperatura medida em tempo real, enquanto o buzzer será utilizado para emitir alertas sonoros em caso de variações de temperatura e os leds alertas visuais.

O ESP32 será programado em linguagem C++ utilizando o ambiente de desenvolvimento Arduino (IDE). Serão criadas funções para a leitura do sensor de temperatura, exibição da temperatura no display LCD e emissão de alertas sonoros e via wifi em caso de variações de temperatura. Para fins comparativo, a Figura 6 apresenta um modelo de um equipamento comercial de alto custo comercializado pela Testo (2023).

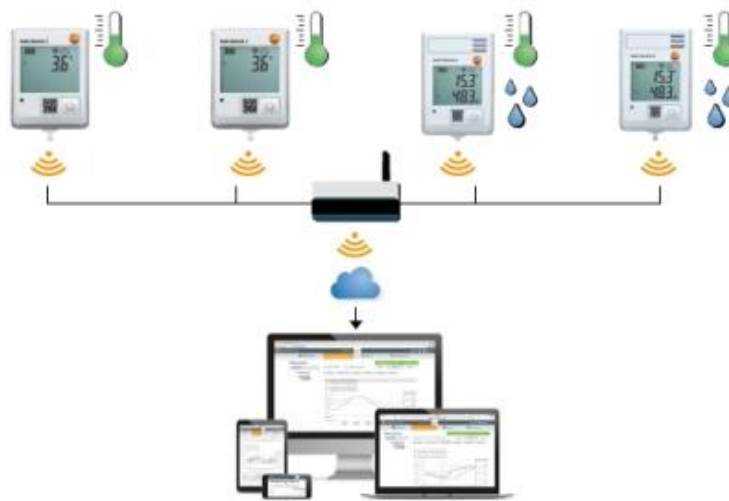


Figura 6. Datalogger comercializado de alto custo
Fonte: (TESTO, 2023)

3. Resultados e Discussão

A construção de um monitor de temperatura de baixo custo é uma alternativa viável e econômica para monitorar a temperatura em estoques de hospitais e farmácias. A escolha do ESP32 como plataforma de desenvolvimento oferece diversas vantagens, como a compatibilidade com diversos sensores e módulos, além de possuir capacidades de conectividade Wi-Fi e Bluetooth.

O monitor de temperatura de baixo custo utilizando o ESP32 e o sensor DHT22 mostrou-se eficiente na medição da temperatura ambiente, permitindo que os usuários monitorem continuamente a temperatura em estoques de hospitais e farmácias. Os dados de temperatura podem ser facilmente acessados por meio do servidor MQTT, permitindo que os usuários recebam alertas por e-mail ou SMS caso a temperatura saia dos limites permitidos. A Figura 7 apresenta a imagem renderizada do protótipo construído.



Figura 7. Imagem do projeto finalizado
Fonte: (Autores, 2023)

4. Conclusão

Podemos concluir que a construção de um monitor de temperatura de baixo custo utilizando o microcontrolador ESP32 e o sensor DHT22 é uma alternativa viável e acessível para instituições que têm limitações financeiras. Com a utilização de tecnologias disponíveis e acessíveis, é possível conciliar a conformidade com as normas da ANVISA e a viabilidade financeira.

Portanto, é imprescindível que instituições de saúde invistam em sistemas de monitoramento eficientes e que estejam em conformidade com as normas estabelecidas pela ANVISA, garantindo a segurança e eficácia dos serviços prestados aos pacientes. Ao mesmo tempo, a utilização de tecnologias acessíveis e disponíveis permite que instituições com menos recursos financeiros possam implementar soluções eficientes de monitoramento de temperatura, contribuindo para a melhoria da qualidade do atendimento de saúde.

5. Referências

ANVISA. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. RDC nº 304, de 17 de setembro de 2019. Dispõe sobre as Boas Práticas de Distribuição, Armazenagem e Transporte de Medicamentos. Brasília, DF, 2019. Disponível em: <<http://www.in.gov.br/web/dou/-/resolucao-rdc-n-304-de-17-de-setembro-de-2019-217014821>>. Acesso em: 18 mar. 2023.

- ANVISA. RDC nº 189 de 18 de julho de 2003. Dispõe sobre a regulamentação dos procedimentos de análise, avaliação e aprovação dos projetos físicos de estabelecimentos de saúde no Sistema Nacional de Vigilância Sanitária, altera o Regulamento Técnico aprovado pela RDC nº 50, de 21 de fevereiro de 2002 e dá outras providências. Disponível em: <
https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2003/res0189_18_07_2003.html>. Acesso em: 21 mar. 2023.
- ANVISA. RDC nº 20, de 10 de abril de 2014. Esta Resolução possui o objetivo de definir e estabelecer padrões sanitários para o transporte de material biológico de origem humana em suas diferentes modalidades e formas. Disponível em: <
https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2014/rdc0020_10_04_2014.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2023.
- ANVISA. RDC nº 406/2020. Esta Resolução dispõe sobre as Boas Práticas de Farmacovigilância para detentores de Registro de Medicamento de uso humano. Disponível em: <
https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2020/rdc0406_22_07_2020.pdf>. Acesso em: 21 mar. 2023.
- ANVISA. RDC nº 57 de 16 de dezembro de 2010. Determina o Regulamento Sanitário para Serviços que desenvolvem atividades relacionadas ao ciclo produtivo do sangue humano e componentes e procedimentos transfusionais. Disponível em: <
https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2010/res0057_16_12_2010.html>. Acesso em: 21 mar. 2023.
- CARDOSO DA SILVA, Claudiane. Os impactos das novas legislações farmacêuticas no contexto de boas práticas de distribuição, armazenagem e transporte: Um estudo de caso. 2022. Disponível em: <
<https://repositorio.animaeducacao.com.br/bitstream/ANIMA/26547/1/TCC%20-%20FINAL%20CLAUDIANE%20%281%29.pdf>>. Acesso em: 21 mar. 2023.
- DA SILVA, J. R. C.; SOARES, F. A.; DA ROCHA, Adson Ferreira. Sistema para automação do monitoramento de temperatura em estabelecimentos assistenciais de saúde. In: Anais do XXIII Congresso Brasileiro em Engenharia Biomédica. 2012.
- ELITECH. Datalogger utilizado em sistemas de saúde. Disponível em: <
<https://www.elitechbrasil.com.br/>>. Acesso em: 30 abril. 2023.
- ESP32. Disponível em:< <https://www.espressif.com/en/products/socs/esp32>>. Acesso em: 10 mar. 2023.
- Farmacopeia 6ª Edição. Faixas de temperatura para conservação de medicamentos. Disponível em: <
<https://www2.fcfar.unesp.br/Home/Instituicao/Departamentos/principiosativosnaturais/toxicologia/novo/farmacognosia/farmacopeia-6-edicao.pdf>>. Acesso em: 30 abril. 2023.
- GOMES, Andréa Cruz. Análise do desperdício de medicamentos oncológicos em uma clínica privada no município de Recife-PE. 2018. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco. Disponível em:
<<https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/32205/1/DISSERTA%c3%87%c3%83O%20Andr%c3%a9a%20Cruz%20Gomes.pdf>> . Acesso em: 04 abril. 2023.

MANUAL DE REDE DE FRIO. Disponível em: <

https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/manual_rede_frio4ed.pdf>. Acesso em: 30 abril. 2023.

SAMPAIO, Ricardo Campos *et al.* Mapeamento térmico e determinação de pontos de monitoramento em estoque de medicamentos. 2022. Dissertação de Mestrado.

Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Disponível em: <

<http://riut.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/30273/1/mapeamentotermicodeterminacaomonitoramento.pdf>>. Acesso em: 21 mar. 2023.

SILVA et al. (2017), Desafios ao controle da qualidade de medicamentos no Brasil.

Disponível em: <

<https://www.scielo.br/j/cadsc/a/zdJBkFCB9tKdFSg897P4Bvb/?lang=pt&format=pdf>>. Acesso em: 21 mar. 2023.

TESTO. Datalogger comercializado. Disponível em: <

<https://www.datenlogger-store.de/daten-monitoring/testo-saveris-2.html>>. Acesso em: 30 abril. 2023.

TESTO. Imagem do Monitor da marca Testo, modelo Saveris 2. Disponível em: <

<https://www.testo.com/pt-BR/>>. Acesso em: 30 abril. 2023.