

DESENVOLVIMENTO DE PROTÓTIPO PARA AFERIÇÃO DE TEMPERATURA CORPORAL MONITORADA A DISTÂNCIA: UMA SOLUÇÃO USANDO INTERNET DAS COISAS (*INTERNET OF THINGS* - IOT)¹

**Altair Fábio Silvério Ribeiro²
Cleidy Eduarda Rosa**

RESUMO

Este artigo descreve o desenvolvimento de um protótipo para aferição de temperatura humana sem contato, com funcionamento baseado no princípio da detecção de radiação infravermelha emitida por corpos. A radiação infravermelha é detectada pelo sensor MLX90614 e convertida em um sinal elétrico. O sinal é, então, recebido e processado pela placa microcontrolada NODEMCU-32S ESP32 e enviado, via rede de internet, até a plataforma Firebase®. Um aplicativo de *smartphone* foi desenvolvido usando React Native®, responsável por mostrar os valores da leitura da temperatura em tempo real. Visando validar o produto desenvolvido, foi feita uma coleta de dados, num procedimento experimental, utilizando o protótipo em cinco pessoas maiores de idade voluntárias. Um dos requisitos predeterminados para a resolução do problema proposto foi que, para cada voluntário, o desvio, em módulo, entre o valor da média das temperaturas coletadas pelo termômetro comercial e a média das temperaturas aferidas pelo protótipo deveria ser menor ou igual ao valor de precisão do termômetro comercial, que é de 0,2°C. Porém, tal requisito só foi alcançado para o procedimento de aferição realizado em três dos cinco voluntários; logo, tal requisito foi apenas parcialmente atendido. Considera-se que, em relação à concepção de toda a parte de *hardware* e de *software*, tal implementação é possível, porém o protótipo apresentado neste trabalho ainda requer melhorias em relação a sua precisão de leitura, demandando, assim, mais estudos para que ele seja considerado um equipamento seguro para aferir a temperatura corporal humana.

Palavras-chave: NODEMCU-32S ESP32. MLX90614. Termômetro.

DEVELOPMENT OF A PROTOTYPE FOR REMOTELY MONITORED BODY TEMPERATURE MEASUREMENT: A SOLUTION USING THE INTERNET OF THINGS (IOT)

ABSTRACT

This article describes the development of a prototype for measuring human temperature without contact, with operation based on the principle of detection of infrared radiation contained by bodies. Infrared radiation is detected by the MLX90614 sensor and converted

¹ **Como citar este trabalho:** RIBEIRO, A. F. S.; ROSA, C. E. Desenvolvimento de protótipo para aferição de temperatura corporal monitorada a distância: uma solução usando Internet das Coisas (Internet of Things - IoT). *ForScience*, Formiga, v. 11, n. 1, e01233, jan./jun. 2023. DOI: [10.29069/forscience.2023v11n1.e1233](https://doi.org/10.29069/forscience.2023v11n1.e1233).

² **Autor correspondente:** Altair Fábio Silvério Ribeiro, e-mail: altair@iftm.edu.br

into an electrical signal. The signal is then received and processed by the NODEMCU-32S ESP32 microcontroller board and from there it is sent via internet to the Firebase® platform. A smartphone application was developed, using React Native®, which is responsible for showing the temperature reading values in real time. Aiming to validate the developed product, a data collection was carried out, in an experimental procedure, using the prototype, in five volunteers of legal age. One of the predetermined requirements for solving the proposed problem was that, for each volunteer, the deviation, in module, between the average temperature value collected by the commercial thermometer and the average temperature measured by the prototype should be less than, or equal to, to the precision value of the commercial thermometer, which is 0.2°C. However, this requirement was only met for the measurement procedure performed in three of the five volunteers, so this requirement was only partially met. It is considered that, in relation to the design of the entire hardware and software parts, such an implementation is possible, however, the prototype presented in this work still lacks improvements in relation to its reading accuracy, requiring further studies to be considered a safe device for measuring human body temperature.

Keywords: NODEMCU-32S ESP32. MLX90614. Thermometer.

1 INTRODUÇÃO

O atual estágio de avanço tecnológico nos sistemas de telecomunicações proporcionou o surgimento de diversos recursos que permitiram prover a comunicação, como o uso de chamadas de áudio e de videochamadas entre as pessoas, mesmo elas estando separadas por distâncias continentais. Hoje, porém, as comunicações não acontecem apenas entre pessoas, mas também entre pessoas e coisas, sendo que isso é viabilizado pela chamada Internet das Coisas (*Internet of Things - IoT*). Dentre as possíveis aplicações da IoT, destaca-se a telemedicina, que permite diversas práticas médicas, entre elas, por exemplo, o monitoramento de sinais vitais de um paciente, medidos por sensores específicos. Os sinais vitais humanos podem ser identificados a partir da temperatura corporal, da frequência cardíaca e respiratória e da pressão arterial.

Segundo Kruse (2018), a telemedicina pode ser uma ferramenta eficaz para atender populações de pacientes em vários países, sobretudo em áreas mais distantes dos grandes centros médicos, desde que tais áreas sejam providas com acesso à internet de boa qualidade. Um dos importantes recursos da telemedicina é a telemetria, uma tecnologia que permite a medição e a comunicação de informações em um dado sistema, como, por exemplo, o monitoramento de sinais vitais.

Nesse novo cenário tecnológico, muitas soluções estão sendo desenvolvidas visando prover a telemetria de sinais vitais com o uso da IoT. Dentre os sinais vitais, destaca-se o da temperatura corporal, que é a diferença entre a quantidade de calor produzida pelos processos

do corpo e a quantidade de calor perdido para o ambiente externo. Em geral, considera-se que as temperaturas normais em pessoas adultas variam de 36°C a 37,7°C (SILVA; VALENTE, 2012).

Nesse contexto, entende-se que um sistema de monitoramento da temperatura corporal em tempo real pode trazer muitos benefícios aos diversos serviços de saúde. Assim, o desenvolvimento e a validação de um protótipo com placa microcontrolada NODEMCU-32S ESP32 para a aferição de temperatura corporal monitorada a distância torna-se relevante. Enfim, espera-se, ao final deste trabalho, responder o seguinte problema de pesquisa: é possível desenvolver e validar um protótipo com placa microcontrolada NODEMCU-32S ESP32 para a aferição de temperatura corporal monitorada a distância?

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A temática sobre o desenvolvimento de protótipos de baixo custo com placa microcontrolada NODEMCU-32S ESP32 para monitoramento de sinais vitais é pesquisada por diversos autores. Na sequência, apresentam-se, de forma resumida, os resultados da Revisão Sistemática da Literatura (RSL) realizada neste trabalho.

No trabalho de Brasilino (2020), foi desenvolvido um protótipo de sistema de monitoramento para aferição de sinais vitais (pressão arterial, temperatura corporal e dor) a partir de tecnologia de *hardware* de baixo custo e ferramentas de *software* de código aberto, utilizando placa microcontrolada NODEMCU-32S ESP32. Nesse trabalho também foi desenvolvida uma interface gráfica utilizando-se a linguagem PHP para visualizar os dados monitorados.

Motta Filho (2021) elaborou um sistema com protótipo que mede a temperatura do usuário e automatiza a higienização das mãos com álcool em gel, bem como a implementação de um sistema de telemetria para o gestor local visualizar os dados obtidos. Para a coleta da temperatura foi utilizado o módulo sensor Mlx90614 ESF – DCC. Para o monitoramento dos dados foi usado o banco de dados não relacional *Firestore Realtime Database* e criada uma página *web* em HTML, CSS e JavaScript.

A pesquisa de Al_Zuhairi e Al-Bayati (2021) mostra o desenvolvimento de um protótipo baseado na computação em nuvem móvel inteligente que visa medir a frequência cardíaca, a saturação de oxigênio no sangue e a temperatura corporal. Esses parâmetros foram medidos através de sensores conectados a um módulo NODEMCU-32S ESP32, que transmite os dados usando um protocolo (MQTT) para uma plataforma IoT (Ubidots), através da qual

os dados podem ser exibidos, obtendo-se o monitoramento dos sinais vitais do paciente confirmado de Covid-19 em quarentena domiciliar.

O trabalho de Zazeka (2021) abordou o desenvolvimento de um sistema portátil para o gerenciamento de dados na prevenção e gestão da Covid-19, que contemplou monitorar a febre na região frontal da face e o uso de álcool em gel. Para o desenvolvimento do produto eletrônico, foi considerado o sensor MLX90614 DCI para monitoramento da temperatura, com as informações coletadas apresentadas em tempo real em *website* desenvolvido com as linguagens PHP, HTML e CSS.

Percebe-se que a temática em questão é muito atual, sendo estudada por pesquisadores em diversos países, buscando sempre o progresso nessa área do conhecimento. Nesse sentido, a pesquisa aqui apresentada procura contribuir com essa evolução, tendo como diferencial o desenvolvimento, além do *hardware* do protótipo, da interface de monitoramento via aplicativo de *smartphone* (para sistema operacional Android), construída com o uso conjunto da plataforma de banco de dados Firebase® e do *framework* React Native®. O uso desses recursos no desenvolvimento de aplicações focadas na presente temática ainda é incipiente, logo existem poucos trabalhos científicos publicados sobre tal assunto.

A solução desenvolvida neste trabalho enquadra-se no conceito de tecnologia da Internet das Coisas, onde a “coisa” a ser monitorada é a temperatura corporal humana, sendo que tal aferição foi realizada pelo módulo sensor sem contato, identificado como IR Gy-906 MLx90614 ESF – BAA. O dado coletado é processado pela placa microcontrolada NODEMCU-32S ESP32 e, posteriormente, enviado para o banco de dados hospedado na nuvem (internet) chamado Firebase®. Para visualizar o dado monitorado em tempo real foi desenvolvido um aplicativo de *smartphone* utilizando-se o *framework* React Native®.

A IoT já não é um assunto tão novo: o termo foi utilizado pela primeira vez em 1999 por Kevin Ashton, cofundador do Auto-ID Center do Massachusetts Institute of Technology (MIT). Dez anos depois, o citado autor, em seu trabalho intitulado *A coisa da Internet das Coisas*, declarou que a IoT tem o potencial de mudar o mundo, assim como fez a internet, ou ainda mais (ASHTON, 2009). Segundo a International Renewable Energy Agency (2019), a IoT é a interconexão de dispositivos físicos incorporados com eletrônica, *software*, sensores e troca de dados (também referidos como “dispositivos conectados” e “dispositivos inteligentes”). Simplificando, a IoT transforma objetos físicos em dispositivos inteligentes para coletar, comunicar, monitorar e interpretar informações de seus arredores em tempo real (WORLD CUSTOMS ORGANIZATION, 2019).

O módulo sensor sem contato IR Gy-906 Mlx90614 ESF – BAA é fabricado pela empresa Melexis®. Segundo a Melexis (2022), a família de sensores infravermelhos Mlx90614 permite a medida da temperatura ambiente e da temperatura de um objeto (colocado em sua área de leitura), possuindo as seguintes características básicas: tamanho pequeno, baixo custo e fácil integração. Possui ampla faixa de leitura de temperaturas: -40°C a 125°C para a temperatura ambiente e -70°C a 382,2°C para a temperatura do objeto. O sensor ainda fornece uma interface digital compatível com SMBus (*System Management Bus*) e saída PWM (*Pulse Width Modulation*). As temperaturas medidas têm uma resolução de 0,02°C, ou seja, essa é a medida do menor incremento mensurável, enquanto a sua precisão de medição é igual a 0,5°C. A Figura 1 mostra a imagem e algumas informações sobre a família MLX90614.

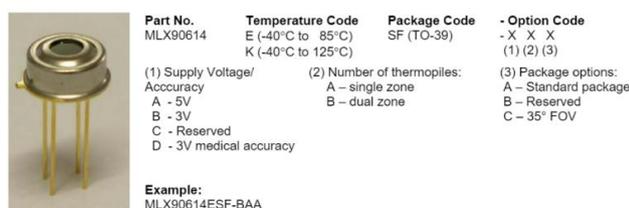


Figura 1 - Sensor Família MLX90614.
Fonte: Melexis (2022).

De acordo com Zazeka (2021), atualmente existem poucos modelos de sensores de temperatura corporal para a livre compra nos mercados nacional e internacional, por conta da grande demanda, ainda em função dos desdobramentos da recente pandemia de Covid-19. O sensor de temperatura MLX90614, na sua versão mais básica (BAA), é facilmente encontrado no Brasil, porém as versões para área médica, que apresentam início (D) em seu nome, precisam ser importadas e, conseqüentemente, têm custos de aquisição mais elevados.

Em razão da dificuldade para a aquisição do sensor na versão médica, decidiu-se por utilizar o sensor na versão Mlx90614 ESF – BAA. Como exemplos de trabalhos utilizando o referido sensor, citam-se Jin *et al.* (2015), Suprayitno, Marlianto e Mauliana (2019) e Alvarez, Garcia e Alvarez (2020).

A NODEMCU-32S ESP32 é uma das placas microcontroladas mais avançadas da empresa Espressif®: é integrada com antenas e amplificadores, apresenta *design* compacto, possui memória *flash* e é muito conhecida por possuir funcionalidades híbridas, como Wi-Fi e *Bluetooth* (ESPRESSIF, 2019). Ela possui suporte para codificação avançada WPA (*Wi-Fi Protected Access*) / WPA2 e WEP (*Wired Equivalent Privacy*), por questões de segurança.

Opera com temperaturas na faixa de -40°C até 120°C. A NODEMCU-32S ESP32 comunica-se com outros dispositivos através da interface I2C (*Inter-Integrated Circuit*) / UART (*Universal Asynchronous Receiver/Transmitter*) ou SPI (*Serial Peripheral Interface*) / SIDO (*Secure Digital Input Output*). Possui sensores embutidos, como sensor Hall (que mede a magnitude de campo magnético) e sensor capacitivo *touch*, além de um amplificador analógico *ultra low noise*. Seu desenvolvimento tem foco em aplicações de baixo consumo de energia, tais como eletrônicos industriais baseados em Internet das Coisas (ESPRESSIF, 2019).

O Firebase® é a plataforma de desenvolvimento para dispositivos móveis do Google®, permitindo a incorporação aos produtos do Google Cloud. Dentre os recursos do Firebase®, este trabalho fez uso do Firebase Realtime Database, que é um banco de dados NoSQL (*Not Only Structured Query Language*) hospedado na nuvem, que permite armazenar e sincronizar dados entre os seus usuários em tempo real.

O React Native combina as melhores partes do desenvolvimento nativo com o React e a melhor biblioteca JavaScript da categoria, para construir interfaces de usuário para aplicativos nativos para Android e iOS. Com o React Native, o código pode ser reaproveitado em até 100% entre as plataformas, proporcionando a redução no custo e na duração do projeto.

3 METODOLOGIA

Para viabilizar este trabalho, utilizou-se uma pesquisa de natureza aplicada, com abordagem quantitativa e objetivo descritivo (GIL, 2008). Quanto aos procedimentos técnicos, foi usada a *Design Science Research* (DSR) (DRESCH; LACERDA; ANTUNES JÚNIOR, 2015). Aponta-se que o método de pesquisa DSR é fundamentado no paradigma da *Design Science*. O conceito de *Design Science* foi introduzido por Hebert Simon, pesquisador americano vencedor do Prêmio Nobel de Economia, em seu livro *As ciências do artificial* (DRESCH; LACERDA; ANTUNES JÚNIOR, 2015).

Diante das informações acima expostas, considera-se que a DSR foi um método de pesquisa adequado para o presente trabalho, no qual a validação do protótipo foi realizada por meio de um procedimento experimental. As etapas da DSR, indicadas na Figura 2, foram realizadas ao longo da pesquisa visando alcançar os objetivos estabelecidos.

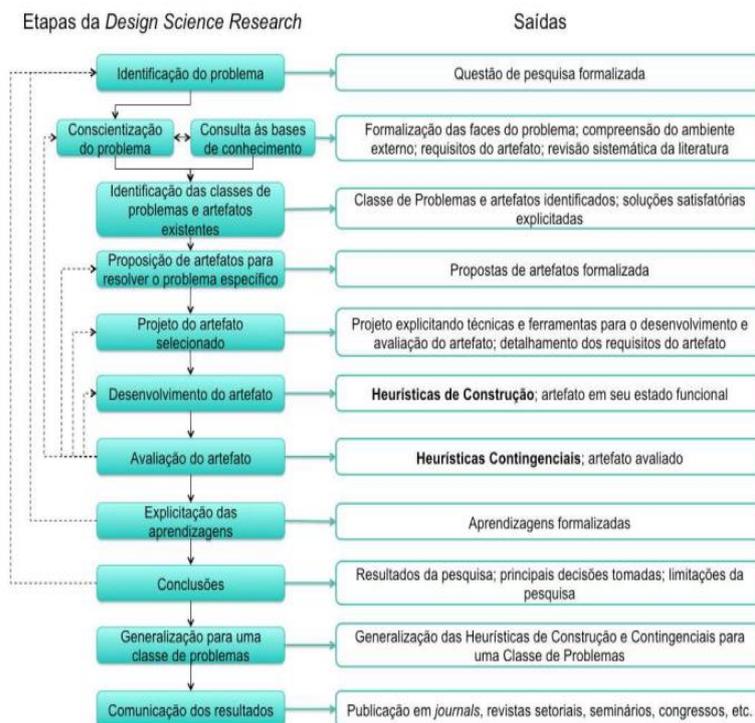


Figura 2 – Etapas da *Design Science Research* e suas saídas.

Fonte: Dresch (2013).

As etapas anteriores à de “Projeto do artefato selecionado” já foram contempladas nas seções descritas acima. Na sequência, serão apresentadas as demais etapas da DSR.

3.1 Projeto do artefato selecionado

Basicamente, os requisitos preestabelecidos para o projeto do protótipo foram os seguintes: (1) aferição de temperatura sem contato, funcionando com base no princípio de detecção de radiação infravermelha emitida por objetos, em que a radiação infravermelha deve ser detectada pelo sensor MLX90614 e convertida em um sinal elétrico; (2) o sinal deverá ser recebido e processado pela placa microcontrolada NODEMCU-32S ESP32 e ser enviado, via rede de internet, até a plataforma de banco de dados Firebase®; (3) o aplicativo de *smartphone* deverá ser desenvolvido utilizando-se o *framework* React Native®, responsável por mostrar os valores da leitura da temperatura em tempo real; (4) para cada voluntário, o desvio (diferença), em módulo, entre o valor da média das temperaturas coletadas pelo termômetro comercial e a média das temperaturas aferidas pelo protótipo deverá ser menor ou igual ao valor de precisão do termômetro comercial, que é de 0,2°C.

Todos os requisitos apresentados foram determinados arbitrariamente por conveniência dos autores. A Figura 3 esboça o esquema de funcionamento do protótipo.

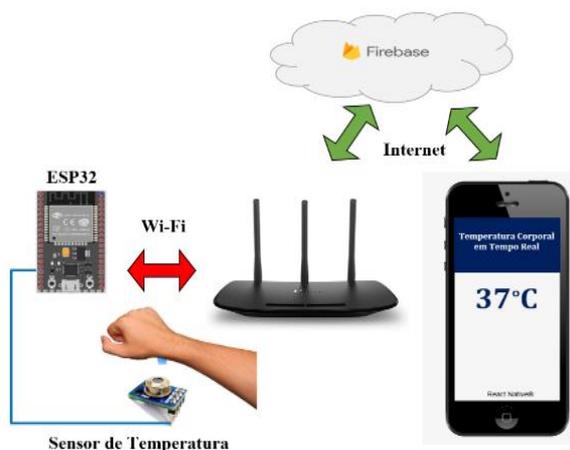


Figura 3 - Esquema de funcionamento do protótipo.
Fonte: Autores.

Mesmo tendo ciência da existência de protótipos desenvolvidos com outros tipos de placas microcontroladas, os pesquisadores definiram que o escopo do projeto seria apenas focado em trabalhos implementados com placa de prototipagem única, do tipo NODEMCU-32S ESP32. Tal escolha deve-se ao fato de que a NODEMCU-32S ESP32 é a plataforma estudada nas linhas de pesquisa dos citados pesquisadores.

Para implementar a estrutura do protótipo, foi utilizada uma pequena caixa, feita em papelão, para abrigá-lo. Objetivando aumentar a concentração de radiação infravermelha dentro da região de leitura do sensor, utilizou-se um pequeno tubo cilíndrico, também feito em papelão, porém revestido internamente de papel alumínio. As formas e medidas projetadas para o artefato podem ser visualizadas na Figura 4.

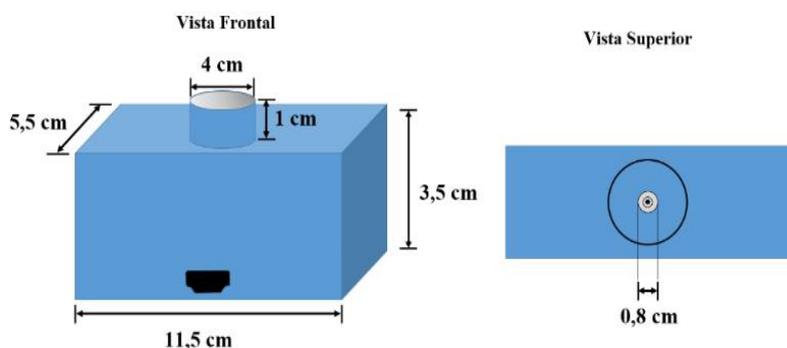


Figura 4 - Projeto estrutural do protótipo.
Fonte: Autores.

Também na Figura 4, podemos verificar que a sua vista frontal apresenta uma porta USB (*Universal Serial Bus*) fêmea, destinada a acessar tal porta da placa NODEMCU-32S ESP32, para fins de alimentação elétrica e/ou para *upload* do código de programação. Já na imagem da vista superior, o círculo com 0,8 cm de diâmetro representa a região superior do sensor Mlx90614 ESF – BAA.

Quanto ao requisito básico de projeto para a interface gráfica do aplicativo do protótipo, estabeleceu-se que as telas deveriam ser de fácil interpretação, apresentando o valor da temperatura em tempo real, com texto em fonte grande, a informação sobre os limites para temperatura normal e para caso de febre, com texto em fonte média, e, por fim, as informações sobre o projeto de pesquisa, na parte inferior da tela, com texto em fonte pequena. A Figura 5 mostra as duas telas possíveis, uma para o caso de temperatura normal e outra para temperatura indicativa de febre.



Figura 5 - Projeto para a interface do aplicativo do protótipo.
Fonte: Autores.

3.2 Desenvolvimento do artefato

Foram utilizados na construção do protótipo os seguintes itens: placa microcontrolada NODEMCU-32S ESP32, cabo USB para alimentação elétrica da placa, sensor de temperatura IR Gy-906 Mlx90614 ESF – BAA, *jumpers* com conector fêmea-fêmea e uma caixa de papelão para abrigar os componentes. A Figura 6 ilustra as conexões físicas do protótipo:

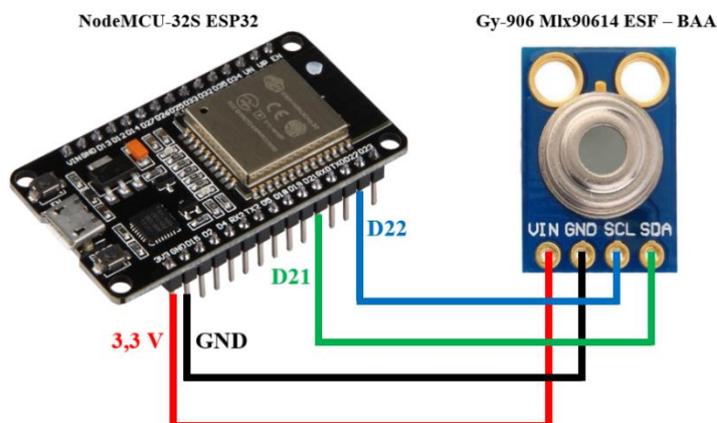


Figura 6 - Esquema de conexões do protótipo.
Fonte: autores.

Pela Figura 6, podemos constatar que o pino D21 da ESP32 estabelece uma comunicação serial com a porta SDA (*Serial Data*) para trafegar a informação do valor da temperatura aferida. O pino D22 está interconectado com a porta SCL (*Serial Clock*) para estabelecer a referência de sincronismo da comunicação. Esses sinais fazem parte do protocolo utilizado na comunicação entre o sensor de temperatura e a placa microcontrolada: trata-se do Protocolo IIC ou I2C. Mais detalhes sobre tal protocolo podem ser encontrados nos trabalhos de Hemmanur (2009) e de Singh (2014).

Os pinos VIN e GND do módulo do sensor recebem a alimentação elétrica de 3,3V fornecida pela placa NODEMCU-32S ESP32. Em razão de tratar-se de desenvolvimento inicial de protótipo, optou-se por não construir uma placa de circuito impresso para viabilizar as conexões, mas cabos *jumpers*, representados pelas linhas coloridas na Figura 7. Para acondicionar o protótipo, com base no projeto mostrado na Figura 4, foi construída uma pequena caixa feita em papelão, conforme pode ser visto na Figura 7.

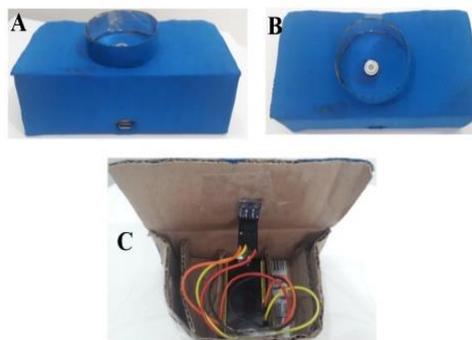


Figura 7 - Protótipo Construído. A – Vista frontal. B – Vista superior. C – Vista interna.
Fonte: Autores.

Para a criação do código, destinado a programar o microcontrolador da placa NODEMCU-32S ESP32, utilizou-se o Ambiente de Desenvolvimento Integrado (*Integrated Development Environment* - IDE) do Arduino, que é uma interface de desenvolvimento de código aberto, logo de uso gratuito. Essa plataforma foi originalmente criada para utilização da placa de prototipagem Arduino, porém ela permite que outras placas microcontroladas possam ser utilizadas, entre elas a NODEMCU-32S ESP32. O código desenvolvido para o funcionamento do protótipo pode ser consultado acessando o seguinte endereço: <https://drive.google.com/file/d/1cbTNLRTVqbtX-Wlun2ZIJg26YY3KS8re/view?usp=sharing>.

Os outros dois *softwares* utilizados para a implementação do protótipo foram o Firebase®, como banco de dados, e o React Native®, para a criação do aplicativo de *smartphone*, ambos em versão gratuita e já descritos neste trabalho. O aplicativo foi construído seguindo exatamente as interfaces mostradas na Figura 5.

O custeio de implementação do protótipo ocorreu com financiamento próprio dos pesquisadores, num valor estimado de R\$ 173,12. O Quadro 1 indica o detalhamento dos custos.

DESCRIÇÃO	QUANTIDADE	UNITÁRIO (R\$)	SUBTOTAL (R\$)
Placa microcontrolada NODEMCU-32S ESP32 + frete	1	60,00	60,00
Sensor de temperatura IR Gy-906 Mlx90614 ESF – BAA + frete	1	104,70	104,70
<i>Jumpers para Protoboard</i>	40	0,21	8,42
CUSTO TOTAL			R\$ 173,12

Quadro 1 - Custos do protótipo.
Fonte: Autores.

3.3 Avaliação do artefato

Visando validar o produto desenvolvido, foi feita uma coleta de dados, num procedimento experimental, utilizando o protótipo em cinco pessoas maiores de idade, nomeadas neste trabalho como “voluntárias”. No experimento também foi utilizado um termômetro de infravermelho comercial padrão (Multilaser Saúde - HC260X). Segundo a Multi Saúde (2022), o termômetro HC260X possui uma precisão igual a 0,2°C para temperaturas de 32°C a 39°C. Lembrando que, conforme já apresentado, a precisão de medição do protótipo (sensor Mlx90614 ESF – BAA) é igual a 0,5°C.

Os dados foram analisados via estatística descritiva, bem como pela representação das informações por gráficos. O procedimento experimental foi previamente apresentado e aprovado em parecer substanciado do Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Triângulo Mineiro, no parecer N° 5.473.908. Após definidos os sujeitos da pesquisa, estes foram informados em detalhes sobre os objetivos e procedimentos da pesquisa, via aplicação do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). O local do experimento, previamente agendado, foi o Laboratório 1 de Eletrônica do IFTM Campus Paracatu, em horário reservado para a participação de apenas um voluntário por vez. O experimento de aplicação do protótipo aos participantes seguiu as fases abaixo elencadas:

- Fase 1: O voluntário foi acomodado em uma cadeira ergonômica, permanecendo sentado durante todo o período do procedimento.
- Fase 2: O experimento foi iniciado aferindo-se a temperatura do voluntário, na região do punho, com o uso de um termômetro de infravermelho comercial posicionado a 1 centímetro de distância do punho. Para cada leitura, a posição do punho junto ao termômetro comercial foi mantida por 5 segundos. A Figura 8 ilustra a configuração da Fase 2.



Figura 8 - Aferição de temperatura com o termômetro comercial.
Fonte: Autores.

- Fase 3: Imediatamente após a Fase 2, foi coletado o valor da temperatura lido pelo protótipo, com o sensor de temperatura posicionado a 1 centímetro de distância do punho. Da mesma forma que foi feito na Fase 4, para cada leitura, a posição do punho junto ao protótipo foi mantida por 5 segundos. A Figura 9 ilustra a configuração da Fase 3.

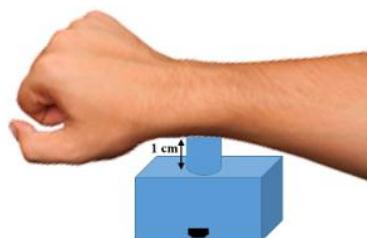


Figura 9 - Aferição de temperatura com o protótipo.
Fonte: Autores.

- Fase 4: Para cada participante, as fases 2 e 3, nessa sequência, foram repetidas 15 vezes. Assim, a duração total do experimento, para cada voluntário, foi de aproximadamente 150 segundos ou 2 minutos e 30 segundos.

Observa-se que a temperatura ambiente do local do procedimento foi mantida constante (26°C) por meio de aparelho de ar-condicionado. Dessa forma, o procedimento realizado em cada um dos voluntários ocorreu com temperatura ambiente similar. Em razão de a temperatura corporal humana não apresentar variações abruptas, adota-se aqui que, para um mesmo voluntário, a temperatura nele aferida pelo termômetro comercial e aquela aferida imediatamente na sequência pelo protótipo, idealmente, deveriam ser iguais.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na sequência, são apresentados os dados coletados no procedimento de validação do protótipo, que consistiu na aferição de temperatura de cinco voluntários (V1, V2, V3, V4 e V5). Para cada voluntário foram realizadas 15 aferições, fazendo uso do termômetro comercial e do protótipo. Os dados coletados foram tabulados, conforme mostrado no Quadro 2.

	Temperaturas com Termômetro Comercial (TTC) [°C]															Temperaturas com Protótipo (TP) [°C]															Média - TTC [°C]	Média - TP [°C]	Desvio	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15				
V1	36,20	36,20	36,30	36,30	36,10	36,30	36,30	36,20	36,30	36,30	36,20	36,30	36,20	36,20	36,20	36,25	35,68	36,07	36,15	36,45	36,38	36,31	36,75	36,75	36,45	36,33	36,43	36,07	36,32	36,37	36,24	36,32	-0,08	
V2	36,30	36,40	36,30	36,40	36,40	36,40	36,40	36,40	36,40	36,40	36,40	36,40	36,40	36,40	36,40	36,40	36,69	36,33	36,53	36,72	36,89	36,77	36,29	36,41	35,92	36,09	36,09	36,03	36,41	36,68	36,47	36,39	36,42	-0,03
V3	36,20	36,20	36,20	36,20	36,30	36,30	36,30	36,30	36,30	36,30	36,30	36,30	36,30	36,30	36,30	35,11	36,63	36,85	36,75	36,82	36,77	36,67	36,87	36,67	37,07	36,71	36,99	36,31	36,49	36,72	36,27	36,63	-0,36	
V4	36,30	36,30	36,20	36,30	36,30	36,30	36,30	36,40	36,40	36,40	36,40	36,50	36,40	36,50	36,40	36,57	36,12	35,18	36,56	36,23	36,93	36,44	36,32	36,60	37,05	36,95	37,42	36,78	36,56	36,48	36,36	36,55	-0,19	
V5	36,20	36,20	36,20	36,20	36,30	36,30	36,20	36,20	36,30	36,20	36,30	36,30	36,30	36,20	36,30	35,57	35,99	36,15	36,15	36,03	35,81	36,33	36,20	36,27	35,79	35,83	35,79	35,80	36,09	36,19	36,25	36,00	0,25	

Quadro 2 - Dados de aferição de temperatura dos voluntários.
Fonte: Autores.

A partir dos dados apresentados no Quadro 2, calcularam-se as médias obtidas para cada voluntário, relativas às Temperaturas do Termômetro Comercial (TTC) e às Temperaturas do Protótipo (TP). Também foi determinado, para cada voluntário, o desvio entre os valores dessas médias (Média TTC – Média TP). O Gráfico 1 mostra tais resultados.

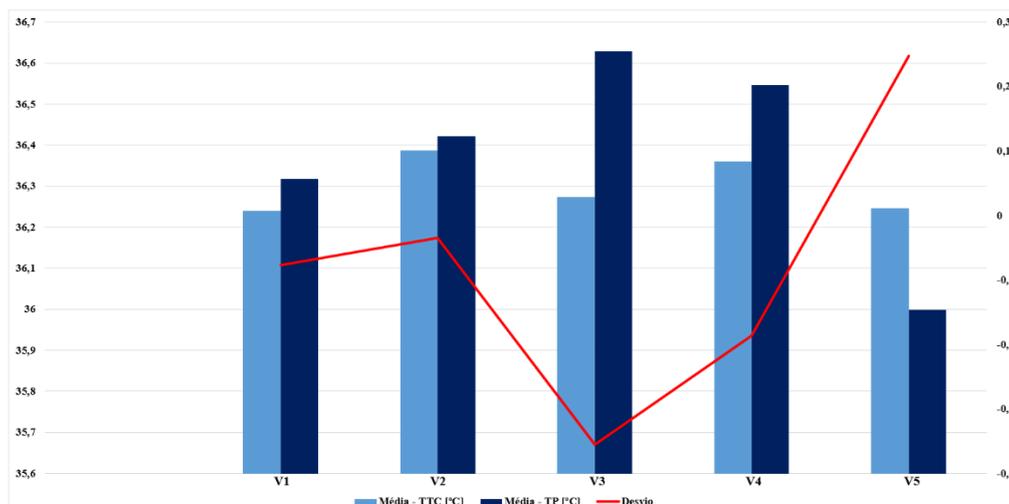


Gráfico 1 – Valores das médias das temperaturas e do desvio.
Fonte: Autores.

Pela análise do Gráfico 1, constata-se que o maior valor de desvio entre as médias ocorreu para o procedimento de aferição do voluntário 3: esse valor, em módulo, foi igual a 0,36°C. Para os demais voluntários, esse desvio, em módulo, foi menor ou igual a 0,25°C. Conforme indicado pela linha vermelha no Gráfico 1, percebe-se que o desvio entre as médias variou, em amplitude, de -0,03°C a 0,25°C.

Destaca-se que, no momento da aferição da temperatura, nenhum dos voluntários estava com febre, ou seja, com temperatura corporal acima de 37,8°C. Logo, não foi possível validar o protótipo nessa situação, mas apenas para temperatura corporal considerada normal, de 36°C a 37,7°C.

5 CONCLUSÃO

Após realizada a Revisão Sistemática da Literatura, foi possível perceber que, dentre os trabalhos identificados que tratavam da mesma temática, em nenhum deles foi desenvolvido um aplicativo de *smartphone* construído com o *framework* React Native®. Logo, entende-se que tal característica é um diferencial do presente trabalho.

Salienta-se que o protótipo desenvolvido neste trabalho foi validado via avaliação experimental, e um dos requisitos predeterminados para a resolução do problema proposto foi que, para cada voluntário, o desvio (diferença), em módulo, entre o valor da média das temperaturas coletadas pelo termômetro comercial e a média das temperaturas aferidas pelo protótipo deveria ser menor, ou igual, ao valor de precisão do termômetro comercial, que é de

0,2°C. Porém, tal requisito só foi alcançado para o procedimento de aferição realizado em três dos cinco voluntários; logo, tal requisito foi apenas parcialmente atendido.

Assim, entende-se que desvios, em módulo, iguais a 0,25°C ou de 0,36°C (valores que não atenderam à referida meta) para valores de temperaturas limites de quadro febril poderiam indicar falsamente um quadro de febre de um usuário ou, de forma contrária, não indicar uma febre quando de fato o usuário estaria febril. Nesse sentido, julga-se que o protótipo ainda não está apto a realizar a aferição de temperatura com a mesma precisão do termômetro comercial adotado. Destaca-se que este trabalho trata de estudos primários sobre o tema, cabendo investigação mais extensa. Logo, com as características atuais, o seu uso ainda não é recomendado.

Quanto à interface gráfica do aplicativo do protótipo, aponta-se que a sua implementação atendeu ao requisito de projeto. Este estipulava que as telas deveriam ser de fácil interpretação, apresentando o valor da temperatura em tempo real, com texto em fonte grande, a informação sobre os limites para temperatura normal e para caso de febre, com texto em fonte média, e, por fim, informações sobre a pesquisa, na parte inferior da tela, com texto em fonte pequena.

Enfim, o trabalho mostrou-se importante por desenvolver um protótipo que busca solucionar um problema de relevância. Assim, entende-se que a questão de pesquisa definida neste trabalho, por meio da pergunta “É possível desenvolver e validar um protótipo com placa microcontrolada NODEMCU-32S ESP32 para a aferição de temperatura corporal monitorada a distância?”, pode ser respondida da seguinte forma. Tomando como base todo o processo de validação apresentado, considera-se que, em relação à concepção de toda a parte de *hardware* e de *software*, tal implementação é possível, porém o protótipo apresentado neste trabalho ainda requer melhorias em relação a sua precisão de leitura, demandando mais estudos para que seja considerado um equipamento seguro para aferir temperatura corporal humana.

Para trabalhos futuros, citam-se as seguintes sugestões de melhorias: (1) utilização de um sensor de temperatura com uma precisão maior, de preferência na versão de aplicação médica; (2) aumento da população amostral do experimento (ou seja, superior a 5 voluntários); (3) confecção de uma placa de circuito impresso para nela proceder à soldagem dos componentes; (4) desenvolver uma caixa de material plástico, produzida em impressora 3D, para abrigar o protótipo; e (5) instalação, junto à caixa do protótipo, de um *display* para permitir a visualização do valor da temperatura aferida, localmente, mesmo na ausência de rede de internet.

REFERÊNCIAS

ALVAREZ, G. A. A.; GARCIA, M. B.; ALVAREZ, D. U. Automated Social Distancing Gate with Non-Contact Body Temperature Monitoring using Arduino Uno. **International Research Journal of Engineering and Technology**, v. 7, n. 7, p. 4351-4356, 2020.

AL_ZUHAIRI, M. H.; AL-BAYATI, M. A. Intelligent Mobile Cloud Platform for Monitoring Patients of COVID-19 in Their Home-Quarantines. **Turkish Journal of Computer and Mathematics Education (TURCOMAT)**, v. 12, n. 14, p. 4461-4477, 2021. Disponível em: <https://turcomat.org/index.php/turkbilmat/article/view/11345>. Acesso em: 10 jun. 2024.

ASHTON, K. That ‘internet of things’ thing. **RFID journal**, v. 22, n. 7, p. 97-114, 2009.

BRASILINO, F. F. **Proposta de dispositivo de baixo custo para aferição de sinais vitais e monitoramento à distância**. 2020. Dissertação (Mestrado em Enfermagem) – Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Enfermagem, Faculdade de Medicina de São José do Rio Preto, São José do Rio Preto, 2020. Disponível em: https://bdtd.famerp.br/bitstream/tede/613/2/FernandoFaitaroneBrasilino_Dissert.pdf. Acesso em: 10 jun. 2024.

DRESCH, Aline. **Design Science e Design Science Research como Artefatos Metodológicos para Engenharia de Produção**. 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas) - Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, 2013. Disponível em: <http://repositorio.jesuista.org.br/bitstream/handle/UNISINOS/4075/51.pdf?sequence=1&isAll>. Acesso em: 10 jun. 2024.

DRESCH, A.; LACERDA, D. P.; ANTUNES JÚNIOR, J. A. V. **Design Science Research: método de pesquisa para avanço da ciência e tecnologia**. Porto Alegre: Bookman, 2015.

ESPRESSIF. **NODEMCU-32S ESP32 Series Datasheet**. [S. l.]: Espressif Systems, 2019. Disponível em: https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/NodeMCU-32S_ESP32_datasheet_en.pdf. Acesso em: 26 fev. 2022.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

HEMMANUR, K. Inter-Integrated Circuit (I2C). **ECE 480 Journal**, v. 8, 2009. Disponível em: https://www.egr.msu.edu/classes/ece480/capstone/fall09/group03/AN_hemmanur.pdf. Acesso em: 10 jun. 2024.

INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY. **Internet of Things: innovation landscape brief**. Abu Dhabi: IRENA, 2019. Disponível em: https://elk.adalidda.com/2019/09/IRENA_Internet_Of_Things_2019.pdf. Acesso em: 10 jun. 2024.

JIN, G. *et al.* Design of non-contact infra-red thermometer based on the sensor of MLX90614. **The Open Automation and Control Systems Journal**, v. 7, n. 1, 2015.

KRUSE, Clemens Scott *et al.* Evaluating barriers to adopting telemedicine worldwide: a systematic review. **Journal of telemedicine and telecare**, v. 24, n. 1, p. 4-12, 2018. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29320966/>. Acesso em: 10 jun. 2024.

MELEXIS. **MLX90614 Family**: datasheet single and dual zone infra red thermometer in TO-39. [S. l.]: Melexis, 2019. Disponível em: <https://www.melexis.com/-/media/files/documents/datasheets/mlx90614-datasheet-melexis.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2024.

MOTTA FILHO, E. J. **Sensoriamento de temperatura corporal e controle sobre fluxo de pessoas**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2021. Disponível em: <http://www.eletrica.ufpr.br/p/arquivostccs/580.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2024.

MULTI SAÚDE. **Termômetro infravermelho sem contato | HC260**: Manual de Instruções. 2022. Disponível em: <https://d1upieoosln7gj.cloudfront.net/suporte/LJMDqOgLzhzWruTZrmTJti1reGMMsfIjoZqgt3gu.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2024.

SILVA, D. A. F.; VALENTE, O. O paciente está com febre? **Diagn Tratamento**, v. 17, n. 2, p. 94, 2012. Disponível em: <http://files.bvs.br/upload/S/1413-9979/2012/v17n2/a3028.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2024.

SINGH, T. Design and simulation of I2C Protocol. **International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology (IJRASET)**, v. 2, n. XII, p. 344-347, dez. 2014. Disponível em: <https://www.ijraset.com/files/serve.php?FID=1465>. Acesso em: 10 jun. 2024.

SUPRAYITNO, E. A.; MARLIANTO, M. R.; MAULIANA, M. I. Measurement device for detecting oxygen saturation in blood, heart rate, and temperature of human body. **Journal of Physics: Conference Series**, v. 1402, n. 3, 033110. Disponível em: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1402/3/033110>. Acesso em: 10 jun. 2024.

WORLD CUSTOMS ORGANIZATION. **Study report on disruptive technologies**. Bruxelas: World Customs Organization. 2019. Disponível em: www.wcoomd.org/-/media/wco/public/global/pdf/topics/facilitation/instruments-and-tools/tools/disruptive-technologies/wco_disruptive_technologies_en.pdf?la=en. Acesso em: 10 jun. 2024.

ZAZEKA, F. E. **Desenvolvimento de um dispositivo portátil para gerenciamento de dados na prevenção e gestão da COVID-19**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Elétrica) – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Erechim, 2021. Disponível em: <https://repositorio.uricer.edu.br/server/api/core/bitstreams/bbeb8e54-20dc-4ae3-9030-82e9f777ec27/content>. Acesso em: 10 jun. 2024.

DADOS DOS AUTORES:

Altair Fábio Silvério Ribeiro

E-mail: altair@iftm.edu.br

Curriculum Lattes: <http://lattes.cnpq.br/3353980229740522>

Mestrado em Educação Profissional e Tecnológica - Instituto Federal Goiano - Campus Morrinhos; Pós-graduação em Sistemas de Telecomunicações - Escola Superior Aberta do Brasil; Graduação em Engenharia Elétrica com ênfase em Eletrônica e Telecomunicações - Universidade Federal de Uberlândia; Licenciatura em Educação Profissional e Tecnológica - Instituto Federal do Triângulo Mineiro - Campus Avançado Uberaba Parque Tecnológico e Professor do Instituto Federal do Triângulo Mineiro - Campus Paracatu.

Cleidy Eduarda Rosa

E-mail: cleidy.rosa@estudante.iftm.edu.br

Curriculum Lattes: <http://lattes.cnpq.br/8272181821344892>

Estudante do Curso Técnico de Eletrônica Integrado ao Ensino Médio do Instituto Federal do Triângulo Mineiro - Campus Paracatu.