

MoniCare – Uma solução IoT para monitoramento domiciliar de pacientes e combate à COVID-19

Flavio L. Fernandes¹, Henrique G. Oliveira¹, Angélica S. Mizutani¹,
Daniela E. Flor¹, Frank W. C. Oliveira¹, Camila L. Clozato¹,
João M. B. S. Maciel¹, Linnyer B. R. Aylon², Eduarda S. B. Silva¹
Laiza G. Silva¹, Luis F. Brasil¹, Eduardo H. M. Cruz¹

¹Instituto Federal do Paraná (IFPR) – Campus Paranavaí

²Universidade Estadual de Maringá (UEM)

{flaviolukfer, angelicamizutani}@gmail.com,

{laisags06, dudaschuroff.b}@gmail.com,

henriquegon.o@hotmail.com,

{daniela.flor, frank.willian, camila.lara}@ifpr.edu.br,

{joao.maciel, eduardo.cruz}@ifpr.edu.br,

lbruiz@uem.br,

luis4756@live.com

Abstract. *The use of the Internet of Things for home monitoring and treatment of patients is gaining more and more space in the health area. With the pandemic of COVID-19, which started in 2020, the use of IoT for home monitoring was intensified. MoniCare, is an IoT device able to measure the disease's most important indexes. The device got satisfactory results in the study cases that we made, showing that the Internet of Things can be a great ally in the fight against the disease, promoting a pre-diagnostic of silent hypoxemia and making it possible a proactive posture for healthcare professionals at home monitoring of patients with COVID-19.*

Resumo. *O uso de Internet das Coisas para monitoramento e tratamento domiciliar de pacientes vem ganhando cada vez mais espaço na área da saúde. Com a pandemia da COVID-19, iniciada em 2020, o uso de IoT para monitoramento domiciliar intensificou-se. O MoniCare, portanto, é um dispositivo IoT capaz de realizar medições dos principais índices da doença. O dispositivo obteve resultados satisfatórios nos estudos de casos realizados, demonstrando que a Internet das Coisas pode ser uma grande aliada no combate à doença, promovendo um diagnostico precoce da hipoxemia silenciosa e possibilitando uma postura pró-ativa de profissionais de saúde no monitoramento domiciliar de pacientes com COVID-19.*

1. Introdução

Através de microcontroladores, sensores e atuadores, o uso de Internet das Coisas (do inglês, *Internet of Things* – IoT) possibilita a conexão entre mundo real e vir-

tual, proporcionando conectar objetos (coisas) com a internet, tornando os dispositivos inteligentes e habilitando a troca de dados entre sistemas computacionais e objetos [Gokhale et al. 2018].

Na medicina, dispositivos IoT mostram-se muito importantes pois permitem que profissionais de saúde tenham acesso a monitoramento em tempo real e preciso a respeito da saúde dos pacientes, principalmente no contexto da pandemia de COVID-19, iniciada em 2020. Aspectos importantes de saúde como temperatura corporal, níveis de açúcar, pressão sanguínea, saturação de oxigênio no sangue, manutenção de líquidos, dentro outros, tornam-se mais fáceis de medir e monitorar com o uso de sensores. Outro fator importante é a visualização destes dados por profissionais de saúde, tornando-se mais eficiente e intuitivo, melhorando a comunicação entre médicos e pacientes e mantendo um histórico médico do paciente [Javaid and Khan 2021]. [Javaid and Khan 2021] também ressaltam que dispositivos IoT já vem sendo usados de maneira bem-sucedida em pacientes com diabetes, insuficiência cardíaca, asma, hipertensão, entre outros.

No que diz respeito à COVID-19, uma das principais causas de internações e óbitos é o desenvolvimento da Hipoxemia Silenciosa [Tobin et al. 2020]. A Hipoxemia Silenciosa pode ser definida como uma condição que causa baixa saturação de oxigênio no sangue e presença de sintomas inespecíficos. Há relatos de pacientes internados com COVID-19 e recebendo oxigênio diretamente por vias nasais, mas que, apesar de não apresentarem dificuldades para respirar, registraram níveis de saturação de oxigênio no sangue muito baixos, tornando seu diagnóstico ainda mais complicado e difícil de compreender.

Deste modo, este trabalho propõe um dispositivo IoT como alternativa tecnológica ao monitoramento domiciliar de pacientes com COVID-19, o MoniCare. O MoniCare é um dispositivo pensado, principalmente, para mitigar internações e óbitos por Hipoxemia Silenciosa causada pela COVID-19. O dispositivo conta com sensores de nível de oxigênio no sangue, frequência cardíaca e temperatura corporal, sendo capaz de medir e enviar os dados gerados para um sistema Web, por onde profissionais de saúde e cuidadores dos pacientes podem monitorar o tratamento domiciliar.

O presente trabalho está organizado da seguinte forma:

- Na Seção 2, são discutidos alguns trabalhos que vão ao encontro do MoniCare, situando-o no estado da arte;
- Na Seção 3, o funcionamento e desenvolvimento do dispositivo é explicado, dialogando sobre os componentes que compõe seu *hardware* e partes importantes de seu *software*;
- Na Seção 4, a interface Web do MoniCare é discutida, falando brevemente sobre seu desenvolvimento e funcionamento;
- Na Seção 5, os resultados adquiridos e o estudo de casos realizado são explanados;
- Por fim, na Seção 6, é conduzido um diálogo sobre a contribuição da Internet das Coisas e a importância de um dispositivo como o MoniCare. Além disso, são descritos os próximos passos para evolução do MoniCare.

2. Trabalhos relacionados

Outros trabalhos sobre monitoramento de pacientes utilizando IoT são encontrados na literatura. [Mukati et al. 2021] destacam, em seu estudo, a habilidade da Internet das

Coisas em prover soluções de qualidade com tecnologia moderna. O uso de IoT no tratamento domiciliar aumenta a participação e satisfação dos pacientes, além de desafogar hospitais, reduzindo o tempo de internamento e reinternação de pacientes.

Os dispositivos IoT possibilitam checar frequência cardíaca, pressão sanguínea, glicose no sangue, entre outros índices. Monitorar tais índices permite aos profissionais de saúde a transferência rápida do paciente para hospitais ou centros de saúde em caso de piora agravante. Com isso, tecnologias IoT ajudam os profissionais de saúde a terem uma postura mais proativa e participativa no tratamento domiciliar de pacientes com COVID-19 e também com outras complicações como diabetes. Através do constante monitoramento de saúde, dispositivos IoT têm a capacidade de mudar a vida das pessoas, tendo impacto significativo em suas vidas e de seus familiares. Quando qualquer atividade regular é interrompida, um aviso pode ser enviada para os familiares do paciente e cuidadores para que possam tomar medidas de cuidado [Mukati et al. 2021].

[Mumtaz et al. 2021] apontam em seu estudo que poluição do ar, alta concentração de CO₂, alta umidade do ar entre outros fatores, podem aumentar a transmissibilidade do vírus da COVID-19 por meio do ar. Deste modo, os autores propõe o desenvolvimento de um dispositivo para monitoramento e análise preventiva da qualidade do ar em ambientes fechados utilizando Internet das Coisas e aprendizado de máquina. Seu sistema tem a capacidade de monitorar e reportar as condições do ar em tempo real para um portal web e um aplicativo móvel.

Diversos outros estudos foram e estão sendo conduzidos utilizando IoT na área da saúde e no combate contra a COVID-19. [Otoom et al. 2020] estão desenvolvendo um *framework* baseado em IoT para monitoramento e identificação prematura de casos da COVID-19. O *framework* consiste em coletar dados em tempo real de pacientes com COVID-19 através de dispositivos IoT cabeados e utilizar os dados coletados para otimizar tratamentos de centros de quarentena e manter históricos médicos dos pacientes, usar algoritmos de aprendizado de máquina para criar um centro de análise de dados e auxiliar profissionais de saúde. Estes autores buscam reduzir a taxa de mortalidade através da detecção prematura da doença e prover um melhor entendimento sobre a doença através da análise dos dados. Um *framework* neste sentido mostra-se muito importante pois, como [Kissler et al. 2020] apontam em seu estudo, outras doenças virais com sintomas parecidos com a COVID-19 possuem momentos de reincidência, a maioria ocorrendo durante o inverno e principalmente em países mais frios.

Os dispositivos IoT podem ser decisivos na recuperação de pacientes em tratamento domiciliar, proporcionando comodidade e conforto aos pacientes, flexibilidade, proatividade e eficiência a profissionais de saúde, e segurança e participação efetiva a familiares e cuidadores. Deste modo, o MoniCare propõe oferecer conforto, comodidade e segurança para pacientes com COVID-19 em tratamento domiciliar, garantindo maior chance de sobrevivência a estes pacientes e comportamento proativo para profissionais de saúde responsáveis pelo monitoramento, além de proporcionar segurança e participação ativa de familiares e cuidadores.

3. MoniCare

O MoniCare é um dispositivo IoT pensado como resposta tecnológica ao monitoramento domiciliar de pacientes com COVID-19. O termo MoniCare é uma junção das palavras

monitoramento e cuidado (*care*, em inglês). O dispositivo é capaz de realizar medições diárias da temperatura corporal, saturação do oxigênio no sangue e frequência cardíaca do paciente. Após feitas as medições, os dados coletados pelo dispositivo são enviados pela internet, utilizando a rede Wi-Fi, e podem ser acessados por médicos, profissionais de saúde e cuidadores do paciente por meio da interface web da aplicação, denominado MoniCare Web. Deste modo, os profissionais de saúde que atuam no monitoramento dos pacientes poderão observar as medições com maior precisão e eficiência e solicitar uma reavaliação de pacientes com sinais preocupantes. Mais detalhes sobre a interface web são expostos na Seção 4.

3.1. Funcionamento do dispositivo

A Figura 1 ilustra o funcionamento geral do dispositivo e o fluxograma da Figura 2 ajuda a compreender o funcionamento passo a passo do dispositivo desde sua inicialização até as medições.

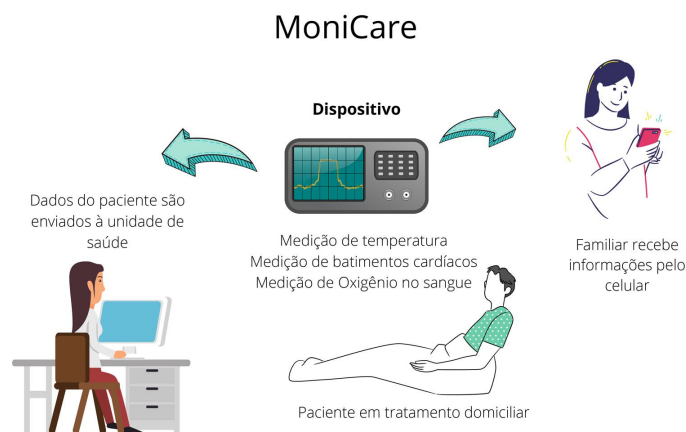


Figura 1. Funcionamento do MoniCare.

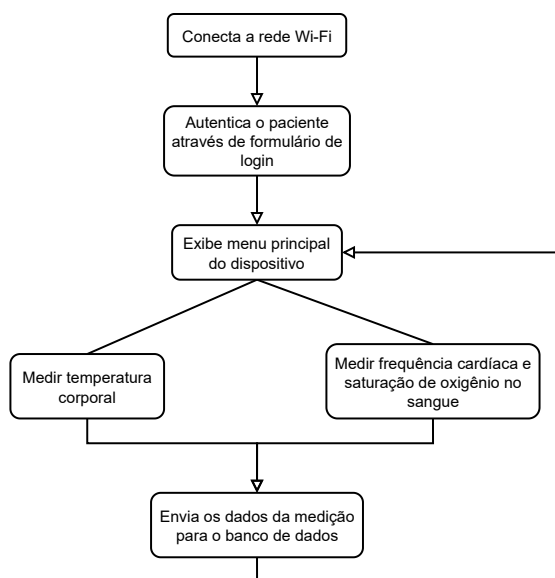


Figura 2. Fluxograma do dispositivo.

Primeiro (1) o dispositivo precisa conectar-se a rede Wi-Fi e, em seguida, (2) é necessário autenticar o paciente que fará uso do dispositivo, através de um formulário de login. Depois, (3) o dispositivo exibe o menu principal ao paciente com 2 possibilidades: realizar medição da temperatura corporal e realizar medição da frequência cardíaca e saturação de oxigênio no sangue. Após feita a respectiva medição, (4) o dispositivo retorna para o menu principal.

3.2. Hardware

Como um dispositivo IoT, parte importante da construção e funcionamento do MoniCare é seu hardware, portanto nesta subseção são descritos todos os componentes de hardware utilizados no protótipo e seus objetivos.

O ESP32 é um microcontrolador de baixo consumo de energia e alto processamento, contanto com duas CPUs (Unidades Centrais de Processamento – *Central Processing Units* em inglês), desenvolvido pela Espressif Systems. Outra característica importante do microcontrolador é possuir um chip híbrido de Wi-Fi e Bluetooth, oferecendo uma vasta gama de possibilidades de aplicações e integrações.¹ O ESP32 foi usado como processador do MoniCare, interligando e controlando todos os demais dispositivos de hardware do protótipo. A escolha do ESP32 considerou também, além de suas capacidades técnicas descritas acima, seu baixo custo e a versatilidade para programá-lo, já que o microcontrolador é compatível com a biblioteca do Arduino para linguagem de programação C++.

O MAX30102 é um módulo monitor integrado de frequência cardíaca e saturação de oxigênio no sangue de alta sensibilidade. O sensor opera em temperaturas entre -40°C e +85°C, além de possuir baixo consumo de energia, operando a 3.3 volts. A comunicação do sensor MAX30102 é feita através da interface padrão I2C, o que facilita a utilização. Este sensor é um dos componentes mais importantes para o protótipo pois foi utilizado como oxímetro, sendo responsável por coletar a saturação de oxigênio no sangue e a frequência cardíaca do paciente simultaneamente.

O sensor de temperatura DS18B20 atua como um termômetro, sendo capaz de medir temperaturas entre -55°C e +125°C, com uma precisão de mais ou menos 0,5°C para temperaturas entre -10°C e +85°C. O modelo em questão possui o diferencial de ser a prova d'água e necessita de apenas uma porta do microcontrolador para a comunicação. Dado seu formato e a versatilidade devido a sua flexibilidade, o sensor foi utilizado como termômetro para coletar a temperatura corporal do paciente, visto que esta variável também pode indicar pior ou melhora na recuperação do paciente.

O display LCD usado no protótipo é um modelo 20x4, o que significa que ele possui 20 colunas e 4 linhas. O modelo também conta com um módulo de comunicação I2C. A interface de comunicação I2C possibilita o uso de menos portas do microcontrolador, entre outros benefícios. O display foi utilizado no protótipo como tela, possibilitando exibir informações ao usuário como: menu, status de conexão com a rede Wi-Fi, valores das medições durante a coleta dos dados, dentre outros.

O teclado matricial utilizado no protótipo é um modelo 4x4, possuindo então 4 colunas e 4 linhas. O teclado matricial possibilita coletar entradas do usuário. O modelo

¹ <https://www.espressif.com/en/products/socs/esp32>

4x4 possui teclas numéricas de 0 a 9 e teclas alfabéticas de A a D incluindo os símbolos *hashtag* (#) e asterisco (*). Apesar destas teclas definidas, é na programação que se especifica os valores de cada tecla. O teclado foi utilizado no protótipo para coletar entradas do usuário como login e senha e opção escolhida do menu.

3.2.1. Outros materiais utilizados

Para montar o protótipo, também fez-se necessário soldar alguns componentes como os pinos do sensor MAX30102. Além disso, para conduzir corrente elétrica, foram utilizados *jumpers* (cabos condutores) e *protoboards* de 400 furos e 830 furos. A Figura 3 é uma foto do protótipo do MoniCare montado e utilizando todos os materiais descritos nesta seção.

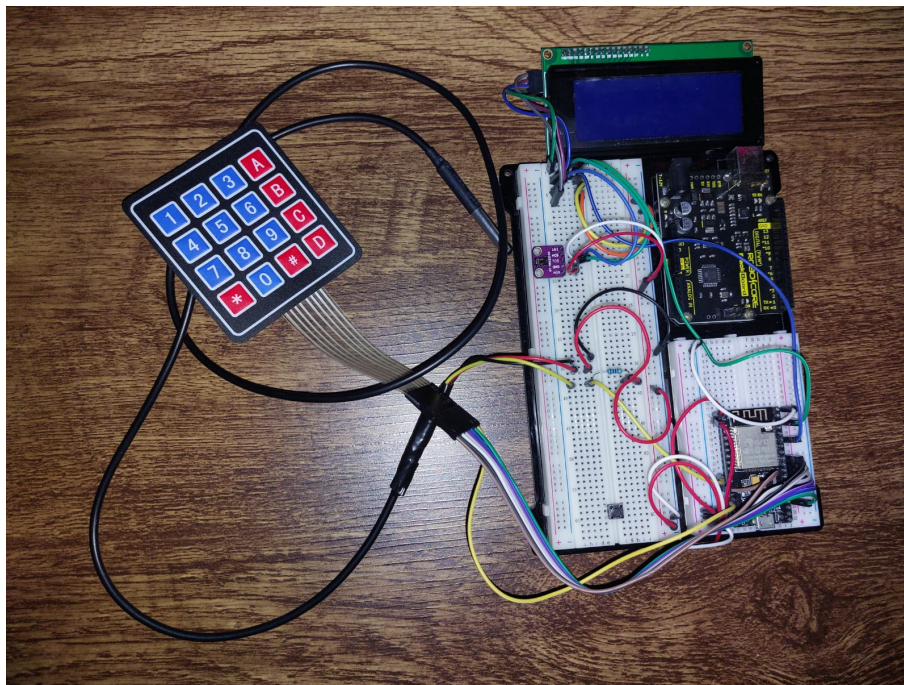


Figura 3. Protótipo do MoniCare.

3.3. Software

Outro componente importante de um dispositivo IoT é seu software ou sua codificação. O código fonte do MoniCare foi desenvolvido na linguagem de programação C++ utilizando a biblioteca e IDE² do Arduino³ e está disponível publicamente no repositório online que pode ser acessado através do link <https://github.com/FlavioLucasFer/perseus-monicare>.

Nesta seção, serão abordadas as principais funcionalidades do dispositivo separadas em subseções com trechos de código mais relevantes do dispositivo e disponíveis no repositório online.

²<https://www.arduino.cc/en/software>

³<https://www.arduino.cc/>

3.3.1. Convenções de codificação

Todo o código fonte do dispositivo foi desenvolvido em língua inglesa, com exceção dos menus. Essa decisão foi tomada visando a universalização do código, possibilitando o entendimento e a contribuição de pesquisadores de todo o mundo uma vez que o projeto é de código aberto (*open-source*).

3.3.2. Máquina de Estados

Devido à natureza e funcionamento do dispositivo, o mesmo foi desenvolvido como uma máquina de estados. A máquina de estados do MoniCare utiliza da estrutura de dados *enum class* do C++ para definir os estados; uma variável para armazenar o estado atual; e uma estrutura de decisões *switch/case* para processar o estado atual. Tanto a estrutura *enum class* quanto a estrutura *switch/case* implementadas são explanadas abaixo:

```

1 // perseus-monicare.h
2 ...
3 enum class device_state_t
4 {
5     stand_by,
6     connecting_to_wifi,
7     logging_in,
8     showing_menu,
9     getting_body_temperature,
10    getting_blood_oxygenation_and_heart_rate,
11    panic,
12 };
13 ...

1 // perseus-monicare.ino
2 ...
3 switch (device_state) {
4     case STAND_BY_DS:
5         stand_by();
6         break;
7     case CONNECTING_TO_WIFI_DS:
8         connect_to_network(SSID, NETWORK_PASSWORD);
9         break;
10    case LOGGING_IN_DS:
11        login();
12        break;
13    case SHOWING_MENU_DS:
14        menu();
15        break;
16    case GETTING_BODY_TEMPERATURE_DS:
17        get_body_temperature();
18        break;
19    case GETTING_BLOOD_OXYGENATION_AND_HEART_RATE_DS:
20        get_blood_oxygenation_and_heart_rate();

```

```

21             break;
22         default:
23             panic();
24             break;
25     }
26     ...

```

A máquina de estados do dispositivo possui 7 estados: *stand_by*, *connecting_to_wifi*, *logging_in*, *showing_menu*, *getting_body_temperature*, *getting_blood_oxygenation_and_heart_rate* e *panic*.

3.3.3. Coletando a temperatura corporal do paciente

Para coletar, processar e armazenar no banco de dados a temperatura corporal do paciente foi implementada a função *get_body_temperature*. O trecho da função a seguir é responsável por coletar a temperatura corporal do paciente ao longo de 2 minutos e posteriormente somar 2 ao valor coletado pelo sensor DS18B20. Este método foi determinado de forma empírica.

Diversos testes foram feitos com termômetros digitais e termômetros de mercúrio para comparar as temperaturas coletadas. Após os testes, a estratégia escolhida para compensar a diferença do valor de medição mostrou-se eficiente, apresentando valores bastante próximos dos termômetros usados para comparação. Importante ressaltar que estes problemas são oriundos dos sensores, e não do MoniCare.

O trecho de código a seguir é parte da função que coleta a temperatura corporal do paciente e é referente ao tempo de estabilização e a técnica de compensação. A implementação completa desta função está presente no arquivo *perseus-monicare.ino* no repositório online do projeto.

```

1 // perseus-monicare.ino
2 static void get_body_temperature ()
3 {
4     ...
5     uint32_t previous_millis = millis();
6     while (millis() - previous_millis < DS18B20_STAB_TIME) {
7         dallas_DS18B20.requestTemperatures();
8         measurement.value = dallas_DS18B20.getTempC(DS18B20_addr);
9         DPRINTLN(measurement.value);
10        delay(50);
11    }
12    measurement.value += 2;
13    ...
14 }

```

3.3.4. Coletando a saturação de oxigênio no sangue e a frequência cardíaca do paciente

O sensor MAX30102 possibilita a coleta da saturação de oxigênio no sangue e a frequência cardíaca simultaneamente. Sendo assim, para coletar, processar e armazenar no banco de dados tais medições foi implementada a função *get_blood_oxygenation_and_heart_rate*. A coleta de tais dados pelo sensor MAX30102 precisa ser melhor calibrada por apresentar uma pequena alteração. Assim como no sensor de temperatura, é importante ressaltar que estes problemas são oriundos dos sensores, e não do MoniCare. A implementação completa desta função está presente no arquivo *perseus-monicare.ino* no repositório online do projeto.

3.3.5. Outros aspectos da implementação

Para comunicar o dispositivo IoT com o banco de dados e com a interface web, foi desenvolvida uma API (Interface de Programação de Aplicação, do inglês *Application Programming Interface*) RESTful em PHP com *framework* Laravel e a linguagem SQL utilizada para o banco de dados foi o MySQL. A implementação da API também é de código aberto e está disponível no repositório online que pode ser acessado pelo link <https://github.com/FlavioLucasFer/perseus-monicare-api-server>.

Além disso, no dispositivo, foi desenvolvida uma classe *api_client_t*, baseando-se na arquitetura RPC (Chamada de Procedimento Remoto, do inglês *Remote Procedure Call*), para encapsular e abstrair do cliente (o dispositivo) as requisições aos *end-points* da API. Toda a implementação desta classe também está disponível no repositório online do dispositivo IoT.

4. MoniCare Web

O MoniCare Web tem como objetivo proporcionar aos médicos, profissionais de saúde e cuidadores, uma forma simples e prática de compreender e avaliar visualmente a situação dos pacientes em monitoramento domiciliar. Na Figura 4, é possível observar como é apresentado os dados dos pacientes na interface, e se uma medição está com um valor considerado perigoso.

Para cada paciente, é exibido seu nome, idade, cuidador, e o último valor coletado para cada tipo de medição. Com base nesses valores, na interface, é colocada uma cor chamativa como um vermelho ou amarelo, em conjunto com um texto, alertando o usuário se algum valor coletado está em uma situação que necessita de atenção ou já está em um nível perigoso. Além disso, na Figura 5, é possível visualizar o histórico completo das medições de um paciente selecionado.

Assim como na listagem de pacientes, os dados são apresentados de forma clara, utilizando de cores como verde, amarelo e vermelho para facilitar a compreensão, além de mostrar qual o tipo de medição, quando foi medido e o mais importante que é o valor coletado.



Figura 4. Listagem de pacientes.



Figura 5. Medições do paciente.

5. Resultados experimentais

Os testes foram realizados ao decorrer do desenvolvimento do dispositivo utilizando os próprios pesquisadores como cobaias. A funcionalidade de coleta da temperatura corporal foi testada sob condições simuladas de temperatura normal, febre e hipotermia. Para simular a condição de febre, foi utilizada uma bolsa de água quente colocada na região da axila por um breve período de tempo antes de colocar o sensor na região. Para simular a condição de hipotermia, foi utilizada uma bolsa de água gelada colocada na região da axila por um breve período de tempo antes de colocar o sensor na região. Para comparar os resultados, foram utilizados termômetros digital e de mercúrio.

A funcionalidade de coleta da temperatura corporal expressou resultados bastante satisfatórios, apresentando uma precisão bastante próxima do termômetro de mercúrio e superior a precisão do termômetro digital. Sob condições normais, o termômetro digital frequentemente registava temperatura corporal que caracteriza hipotermia, enquanto termômetro de mercúrio e MoniCare registravam temperatura normal e com valores bastante próximos. Estes testes evidenciaram a importância de esperar o sensor estabilizar, fato este que provavelmente causa bastante instabilidade no termômetro digital, já que o tempo que o termômetro leva para estabilizar é muito curto.

A funcionalidade de coleta do nível de saturação de oxigênio no sangue e frequência cardíaca foi testada utilizando um oxímetro digital de farmácia para comparar os dados. Como já relatado, esta funcionalidade apresentou uma pequena instabilidade nas medições. Este problema está limitado à leitura do sensor, e pode ser facilmente corrigido adquirindo-se um sensor melhor futuramente.

Após realizados os testes, a combinação de sensores escolhida mostrou-se satisfatória para monitorar os principais índices para se identificar a piora ou a melhora de pacientes com COVID-19. O dispositivo é capaz de proporcionar aos profissionais de saúde maior eficiência na identificação de casos que precisam de cuidados especiais possibilitando agir com rapidez, dando ao paciente mais chance de sobrevivência. O MoniCare também mostra-se fácil de se adaptar e evoluir para, futuramente, também ser útil no monitoramento domiciliar de outras doenças ou condições.

6. Conclusão e trabalhos futuros

É visível a contribuição da Internet das Coisas para automatizar e otimizar processos. Com a combinação certa de funcionalidades, é possível alcançar um excelente resultado no que diz respeito ao tratamento domiciliar de doenças, como a COVID-19, possibilitando aos pacientes uma maior chance de sobrevivência, conforto durante o tratamento e otimizando o trabalho de profissionais de saúde. Deste modo, além de otimizar o trabalho dos profissionais de saúde e garantir maior confiabilidade dos dados, o MoniCare mostra-se um promissor auxílio no diagnóstico precoce da Hipoxemia Silenciosa, dispondo-se a reduzir a taxa de mortalidade da COVID-19. Além disso, espera-se que o dispositivo evolua e também possa vir a ser uma solução para tratamento domiciliar de outras doenças.

Para o futuro do dispositivo, vê-se como primordial corrigir a instabilidade das medições de saturação de oxigênio no sangue e frequência cardíaca, visto a importância destes dados para a identificação precoce da Hipoxemia Silenciosa. Além dessa correção, a lista a seguir apresenta algumas funcionalidades e correções importantes que devem ser implementadas futuramente:

- Introduzir alarme sonoro e visual em horários programados para lembrar o paciente de realizar as medições;
- Apresentar redes Wi-Fi disponíveis e possibilitar que usuário escolha sua rede e providencie as credenciais;
- Validar as credenciais de login do paciente, não permitir acesso em caso de erro e informar que as credenciais são inválidas;
- Validar respostas de erro da API e tratar corretamente os erros;
- Implementar funcionalidade de *stand-by* visando poupar carga da bateria do dispositivo.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio do programa PIBIC (DIPE/PROEPPI/IFPR e CNPq), MannaTeam, PRADI (AGIF/PROEPPI/IFPR), PIBITI (AGIF/PROEPPI/IFPR e Fundação Araucária), MannaTeam, CNPq Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - Brasil (311685/2017-0) e da Fundação Araucária.

Referências

- [Gokhale et al. 2018] Gokhale, P., Bhat, O., and Bhat, S. (2018). Introduction to iot. *International Advanced Research Journal in Science, Engineering and Technology*, 5(1):41–44.
- [Javaid and Khan 2021] Javaid, M. and Khan, I. H. (2021). Internet of things (iot) enabled healthcare helps to take the challenges of covid-19 pandemic. *Journal of Oral Biology and Craniofacial Research*, 11(2):209–214.
- [Kissler et al. 2020] Kissler, S. M., Tedijanto, C., Goldstein, E., Grad, Y. H., and Lipsitch, M. (2020). Projecting the transmission dynamics of sars-cov-2 through the postpandemic period. *Science*, 368(6493):860–868.
- [Mukati et al. 2021] Mukati, N., Namdev, N., Dilip, R., Hemalatha, N., Dhiman, V., and Sahu, B. (2021). Healthcare assistance to covid-19 patient using internet of things (iot) enabled technologies. *Materials today: proceedings*.
- [Mumtaz et al. 2021] Mumtaz, R., Zaidi, S. M. H., Shakir, M. Z., Shafi, U., Malik, M. M., Haque, A., Mumtaz, S., and Zaidi, S. A. R. (2021). Internet of things (iot) based indoor air quality sensing and predictive analytic—a covid-19 perspective. *Electronics*, 10(2):184.
- [Otoom et al. 2020] Otoom, M., Otoum, N., Alzubaidi, M. A., Etoom, Y., and Banihani, R. (2020). An iot-based framework for early identification and monitoring of covid-19 cases. *Biomedical signal processing and control*, 62:102149.
- [Tobin et al. 2020] Tobin, M. J., Laghi, F., and Jubran, A. (2020). Why covid-19 silent hypoxemia is baffling to physicians. *American journal of respiratory and critical care medicine*, 202(3):356–360.