

MONITORAMENTO REMOTO E CONTÍNUO DA TEMPERATURA CORPORAL

Eduardo da Silva Júlio (Bolsista IC/FA), Eduardo Parente Ribeiro (Orientador)

Dep. Engenharia Elétrica

Universidade Federal do Paraná - UFPR

Julho/2020

RESUMO

O presente projeto visa o monitoramento contínuo da temperatura corporal para que as pessoas possam acompanhar a evolução temporal de sua temperatura corporal ou possam ser remotamente acompanhadas por profissionais da saúde de qualquer lugar com acesso internet. Utilizou-se um dispositivo baseado no microcontrolador ESP8266 alimentado por bateria de polímero de lítio e um sensor de temperatura DS18B20 presos no braço por uma cinta elástica. Programou-se o microcontrolador para enviar as leituras do sensor à uma plataforma de internet das coisas através da rede Wi-Fi. Em testes com voluntário, o aparelho apresentou estabilidade na conexão com o servidor, e as leituras puderam ser acompanhadas em tempo real no painel de controle acessado via web. O dispositivo utilizado no monitoramento apresentou simplicidade na produção, facilidade na utilização e confiabilidade nas medições.

INTRODUÇÃO

A evolução dos campos da eletrônica, telecomunicações e informática possibilitou o surgimento de incontáveis tecnologias aplicadas à medicina, tornando os serviços de saúde mais eficientes [1]. Por exemplo, o monitoramento remoto dos sinais vitais é uma tecnologia a qual permite o acompanhamento dos pacientes, mesmo que o paciente não esteja em algum local de atendimento médico. Essa inovação pode reduzir as despesas médicas e tornar os serviços de saúde e instalações hospitalares mais acessíveis [2].

Aferir os sinais vitais de um paciente é uma atividade comum na enfermagem. Baseado nesses sinais, o médico pode acompanhar o quadro clínico dos pacientes, dessa forma, dependendo das condições do enfermo, o acompanhamento pode ser feito remotamente [3]. No caso de doenças contagiosas como a COVID-19, causada pelo novo coronavírus (SARS-CoV-2), os sintomas podem ser brandos para algumas pessoas ou até mesmo inexistentes. O monitoramento remoto de pacientes pode contribuir para decidir o momento de uma internação, ou auxiliar no isolamento social e diminuição do contágio.

Os batimentos cardíacos, pressão arterial e a temperatura corporal são sinais importantes aos profissionais da saúde para avaliar o estado de saúde do paciente [4]. A temperatura corporal é uma grandeza que pode variar entre as pessoas e muda ao longo do dia, sendo mais baixa ao amanhecer e mais alta ao anoitecer. Considera-se normal a temperatura de aproximadamente 37 °C, mas valores de 36,1 °C até 37,2 °C ao amanhecer também são considerados normais [3].

Segundo a Organização Pan-Americana da Saúde, um dos sintomas mais comuns da COVID-19 é a febre [5]. À vista disso, este projeto busca desenvolver um sistema de monitoramento contínuo, remoto e de baixo custo, capaz de coletar a temperatura corporal do paciente e enviar ao servidor, onde essa variável pode ser processada, armazenada e disponibilizada em tempo real para que os profissionais da saúde possam monitorar o paciente de qualquer lugar, desde que haja conexão com a internet.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

MICROCONTROLADOR

O ESP8266 é um microcontrolador de 32 bits fabricado pela empresa chinesa, *Espressif Systems*, que entrou no mercado em 2014. É capaz de se conectar a redes sem fio baseadas no padrão IEEE 802.11 [6]. Há diversos módulos do ESP8266 disponíveis no mercado, como ESP-01, ESP-05, ESP-12E, ESP-12F, dentre outros. Cada módulo custa na faixa de 20 a 50 reais, variando de acordo com a quantidade de entrada/saída de uso geral (em inglês, General Purpose Input/Output, ou apenas, GPIO), memória disponível, tamanho da placa e a integração de um conversor USB-Serial na placa [7].

Optou-se pela placa ESP-12E para desenvolver o presente projeto, visto que essa placa é compacta, tem o menor custo, possui barramento I²C, SPI e UART, além de ter um número suficiente de GPIO e um pino conversor de analógico para digital.

SENSOR DE TEMPERATURA

O DS18B20 é um sensor digital de temperatura produzido pela empresa *Dallas Instruments*. Esse termômetro utiliza o protocolo de comunicação *One Wire*, ou seja, o valor de temperatura é enviado ao microcontrolador por meio de um único fio. Segundo o manual do componente, o sensor é capaz de mensurar temperaturas entre -55 °C e 125 °C com a precisão de 0,5 °C para temperaturas de -10 °C até 85 °C. Além disso, esse dispositivo é de baixo custo e produzido com encapsulamento TO-92.

CARREGADOR DE BATERIAS

O TP4056 é um carregador linear de corrente e tensão constante para baterias de lítio, o qual possibilita o carregamento da bateria sem a necessidade de removê-la do circuito. O módulo é compacto (26 x 17 x 5 mm), ideal para aplicações portáteis e pode ser alimentado por meio da USB. Possui também proteção contra descargas e a possibilidade de ajustar a corrente de carga de 130 mA até 100 mA mediante à troca de um resistor soldado na placa. Além disso, o módulo contém um LED indicador de carga.

THINGSBOARD

O *ThingsBoard* é uma plataforma de internet das coisas, com uma versão comunitária de código-fonte aberto destinada à coleta, processamento, visualização e gerenciamento de dados adquiridos por dispositivos. Possui uma boa documentação a respeito das ferramentas disponíveis, e diversos tutoriais. A plataforma proporciona a criação de painéis para controle de dispositivos em tempo real, os quais podem ser customizados com *widgets* de gráficos, cartões, alarmes, dentre outros.

A conexão com dispositivos suporta protocolos como o *Hypertext Transfer Protocol* (HTTP) e *Message Queuing Telemetry Transport* (MQTT). Além disso, o *ThingsBoard* permite a criação de cadeias de regras para processar os dados provenientes dos dispositivos, que utiliza o *Java Script* como linguagem de programação.

Neste trabalho, optou-se pela utilização do *ThingsBoard* como servidor para lidar com o recebimento das informações e armazenamento no banco de dados. Além disso, a plataforma apresenta facilidade no gerenciamento dos dispositivos, estabilidade na conexão com o microcontrolador e a boa qualidade na apresentação dos dados. No entanto, existem outras plataformas alternativas para essa função, por exemplo, o NodeRED e o EmonCMS.

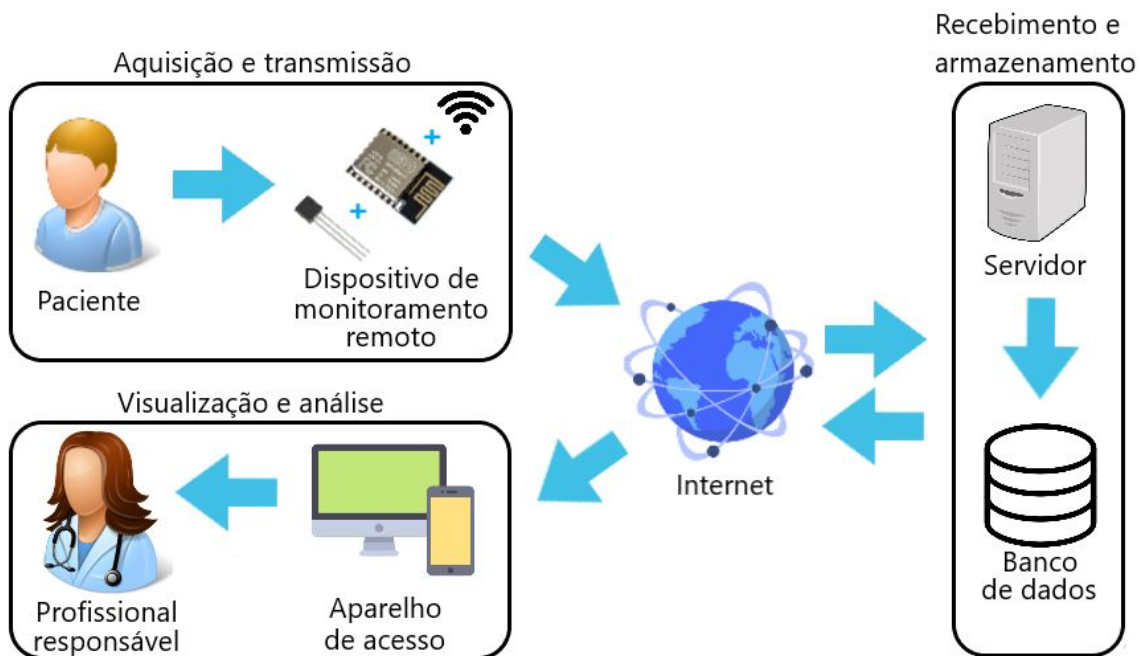
METODOLOGIA

ESTRUTURA DO SISTEMA DE MONITORAMENTO REMOTO

Conforme a Figura 1, o sistema é dividido em três partes: aquisição e transmissão dos dados; recebimento e armazenamento dos dados; visualização e análise dos dados. A aquisição da temperatura corporal baseia-se no sensor de temperatura e microcontrolador acoplados ao paciente. Além disso, o microcontrolador é responsável por transmitir os dados à plataforma de internet das coisas por meio de uma rede de internet sem fio. O recebimento e armazenamento dos dados fundamenta-se no *ThingsBoard*, o qual se

encontra hospedado no servidor da universidade. Através dessa plataforma, que pode ser acessada de qualquer lugar por intermédio da internet, o profissional da saúde ou o próprio paciente pode acompanhar e analisar a temperatura corporal do paciente em tempo real.

Figura 1: Diagrama da estrutura do sistema de monitoramento remoto.



Fonte: Autor (2020).

CONSTRUÇÃO DO DISPOSITIVO DE MONITORAMENTO REMOTO

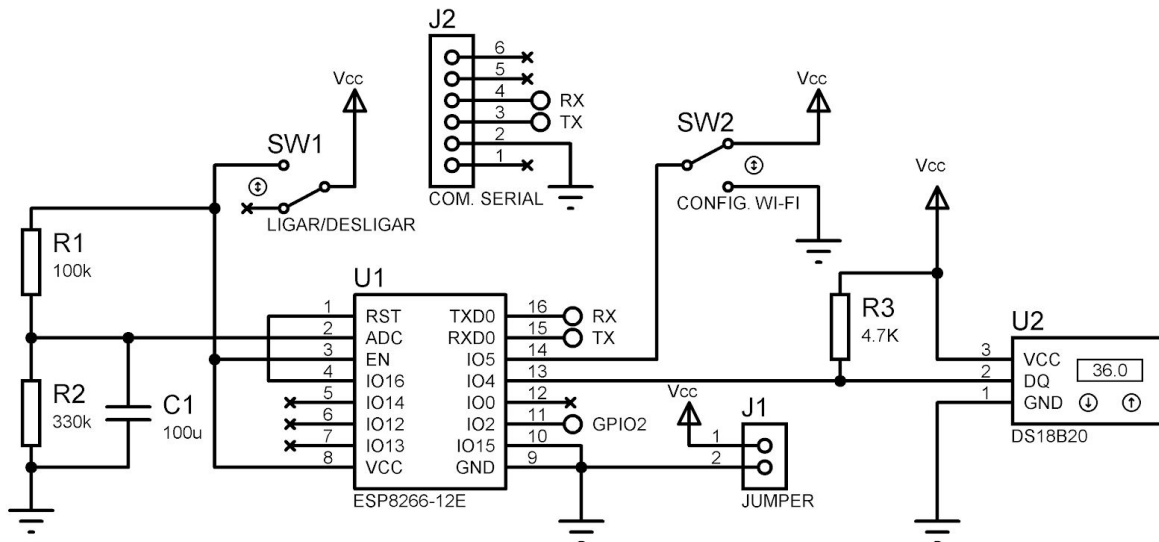
Os componentes básicos necessários para o desenvolvimento do dispositivo responsável por adquirir a temperatura corporal do paciente são:

- Microcontrolador ESP8266-12E;
- Sensor de temperatura DS18B20;
- Módulo carregador de bateria de lítio-íon TP4056;
- Bateria de 3,7 V e 530 mAh;
- Resistores de 100k, 330k e 4,7k ohms;
- Placa de circuito impresso universal;
- Chave SS;
- Fio *wire-wrap*;
- Barra pinos fêmea.

A partir do esquemático do circuito eletrônico exposto na Figura 2, utilizou-se uma placa de circuito impresso universal, onde os componentes foram soldados. Procurou-se

distribuir os componentes na placa para ocupar o menor espaço possível, a fim de tornar o protótipo o mais compacto possível.

Figura 2: Esquema eletrônico do protótipo.



Fonte: Autor (2020).

Dois chaves SS foram utilizadas no projeto, a primeira foi destinada à ligar ou desligar o dispositivo, enquanto a outra é usada para configurar a rede de internet sem fio que o microcontrolador utilizará para enviar os dados ao *ThingsBoard*.

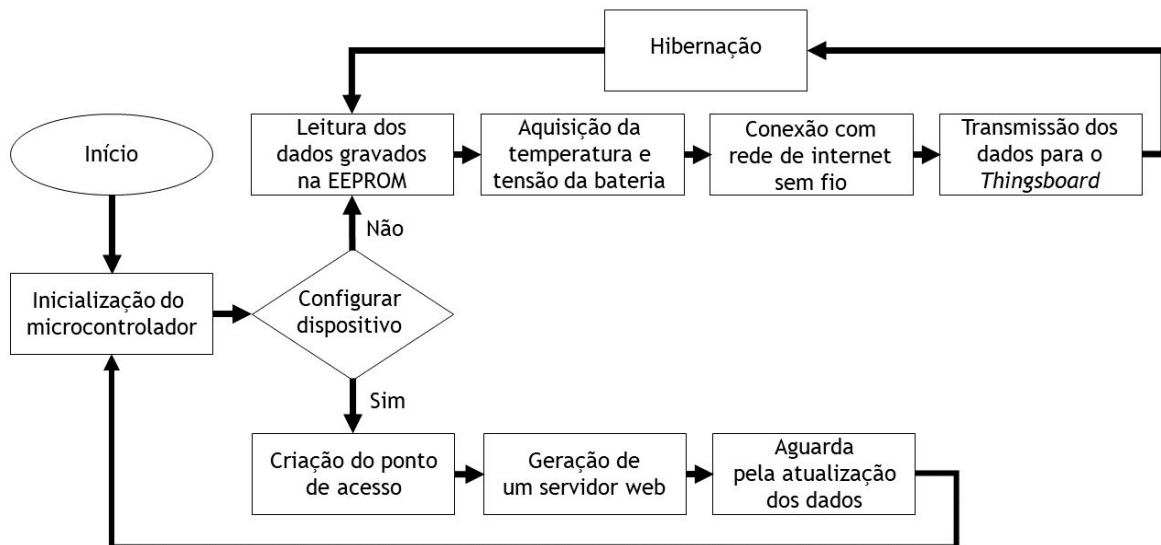
A fim de realizar a comunicação serial para depuração e gravação do *firmware*, soldou-se uma barra de pinos fêmea na placa. Tendo em vista que é necessário aterrar o GPIO2 para o microcontrolador entrar em modo de gravação, outra barra foi soldada para controlar esse pino por meio de um *jumper*. Ambas barras de pinos não seriam necessárias em uma versão final do dispositivo. Além disso, para monitoramento da tensão da bateria, esta foi conectada através de um divisor resistivo de tensão a uma entrada de conversão analógico-digital do microcontrolador.

Após a soldagem, utilizou-se uma fita elástica para acoplar o protótipo em uma região próxima ao ombro. O sensor foi posicionado no interior da fita para ficar em contato com axila do paciente visando obter uma medida de temperatura corporal mais exata.

PROGRAMAÇÃO DO MICROCONTROLADOR

Realizou-se a programação do ESP8266-12E por meio da comunicação serial com o auxílio de um módulo conversor USB TTL CP2102. Conforme o fluxograma apresentado na Figura 3, após a inicialização do microcontrolador verifica se o usuário deseja configurar a rede de conexão com a internet. Neste caso, cria-se um ponto de acesso onde esses dados podem ser atualizados. Caso contrário, o microcontrolador inicia a rotina de aquisição, conexão com a internet, envio de dados e hibernação. O tempo de hibernação escolhido para realizar os testes foi de 1 minuto.

Figura 3: Fluxograma das tarefas realizadas pelo microcontrolador.

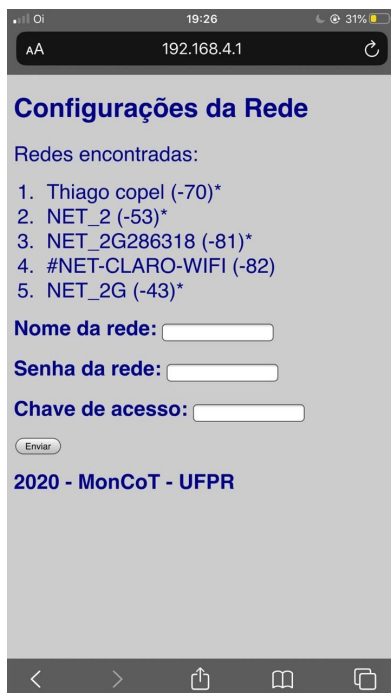


Fonte: Autor (2020).

MONITORAMENTO DA TEMPERATURA CORPORAL

Após a gravação do *firmware* na memória do microcontrolador, inicializou-se a configuração do dispositivo com os dados necessário para a conexão a internet e acesso ao *ThingsBoard*. A Figura 4 mostra a página gerada pelo servidor web para atualização desses dados, acessada por meio de um *smartphone*.

Figura 4: *Layout* da página gerada pelo microcontrolador para atualização dos dados.



Fonte: Autor (2020).

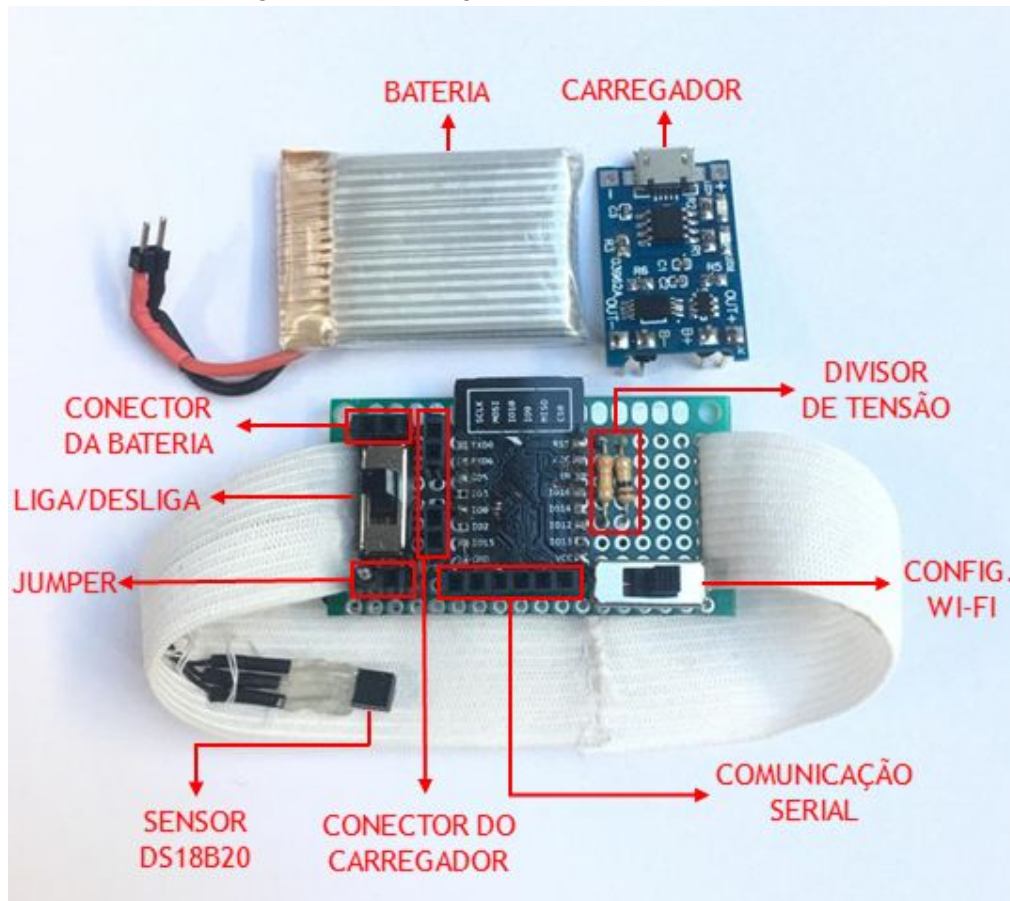
Em seguida, visando monitorar sua temperatura corporal remotamente, o protótipo foi acoplado à um voluntário que ficou em repouso durante uma hora.

RESULTADOS

DISPOSITIVO DE MONITORAMENTO REMOTO

A Figura 5 mostra a vista superior do protótipo ressaltando a distribuição dos componentes na placa de circuito impresso universal. A utilização do módulo carregador facilitou o carregamento da bateria, que não precisou ser removida do circuito. As barras de pinos facilitaram os testes e aprimoramentos do *firmware*, além disso, possibilitam a reutilização de alguns componentes em futuras versões do protótipo.

Figura 5: Distribuição dos componentes na placa.



Fonte: Autor (2020).

AQUISIÇÃO, VISUALIZAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS

A Figura 6 apresenta o protótipo vinculado ao voluntário, o qual teve a temperatura corporal monitorada remotamente. Durante os testes, a bateria foi capaz de alimentar o dispositivo por cerca de 46 horas, operando com tempo de hibernação de 1 minuto.

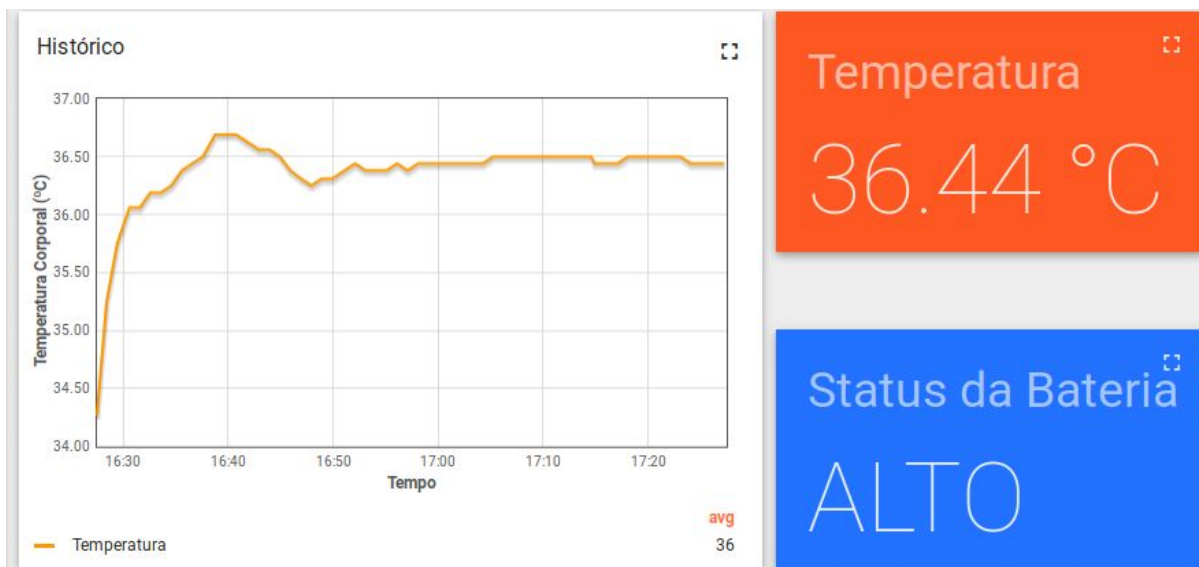
Figura 6: Protótipo acoplado ao voluntário.



Fonte: Autor (2020).

O painel de controle (Figura 7) permite a visualização da temperatura corporal do paciente e o estado da bateria em tempo real. O gráfico exibe o histórico de temperatura no período selecionado (última hora). Observou-se que no início do experimento a temperatura aumentou até o que o sensor entrasse em equilíbrio térmico com o monitorado, mas em seguida a temperatura estabilizou próximo aos 36,50 °C. Nenhuma lacuna foi encontrada no gráfico, ou seja, o microcontrolador não teve problemas para enviar os dados ao servidor.

Figura 7: Painel de controle do voluntário.



Fonte: Autor (2020).

CONCLUSÃO

O dispositivo implementado foi capaz de monitorar a temperatura corporal do voluntário, a qual pode ser acompanhada em tempo real por meio da internet. O sistema desenvolvido apresentou simplicidade na produção, facilidade na utilização, confiabilidade nas medições e estabilidade na conexão. As dimensões do dispositivo podem ser reduzidas a partir da integração do módulo carregador e microcontrolador numa mesma placa. O dispositivo pode ser aprimorado acrescentando-se sensores responsáveis por medir outros sinais vitais como batimentos cardíacos e oxigenação no sangue.

REFERÊNCIAS

- [1] CHIEN, J. C; TAI, C. A New Wireless-Type Physiological Signal Measuring System Using a PDA and the Bluetooth Technology. **IEEE International Conference on Industrial Technology**. Mumbai, 2006, pp. 3026-3031, doi: 10.1109/ICIT.2006.372690.
- [2] PARIHAR, V. R; TONGE, A. Y; GANORKAR, P. D. Heartbeat and Temperature Monitoring System for Remote Patients using Arduino. **International Journal of Advanced Engineering Research and Science (IJAERS)**. Vol. 4, Issue 5, 2017. Disponível em: <<https://dx.doi.org/10.22161/ijaers.4.5.10>>. Acesso em: 25 de Maio de 2020.
- [3] MANSOR, H. et al. Body temperature measurement for remote health monitoring system. **IEEE International Conference on Smart Instrumentation, Measurement and Applications (ICSIMA)**. Kuala Lumpur, 2013, pp. 1-5, doi: 10.1109/ICSIMA.2013.6717956.
- [4] TELLO, J. P. et al. Remote Monitoring System of ECG and Human Body Temperature Signals. **IEEE Latin America Transactions**. Vol. 11, no. 1, pp. 314-318, Fev. 2013, doi: 10.1109/TLA.2013.6502822.
- [5] ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE. Folha informativa - COVID-19 (doença causada pelo novo coronavírus). Disponível em: <https://www.paho.org/bra/index.php?option=com_content&view=article&id=6101:covid19&Itemid=875>. Acesso em: 25 maio de 2020.
- [6] KOLBAN, N. Kolban's Book on ESP8266. 2016. Ebook. Disponível em: <https://leanpub.com/ESP8266_ESP32>. Acesso em: 15 de Abril de 2020.
- [7] SCHWARTZ, M. Internet of Things with ESP8266. 2016. Ebook. Packt Publishing.