

INTERNET DAS COISAS (IOT): MONITORAMENTO REMOTO DE SINAIS BIOMÉDICOS

INTERNET OF THINGS (IOT): REMOTE MONITORING OF BIOMEDICAL SIGNALS

Gabriel de Souza Martins¹, João Carlos Lopes Fernandes², Vinícius de Melo Puglia³ Renato de Brito Sanchez⁴

Resumo: O conceito de Internet das Coisas (IoT- Internet of Things) tem ganhado força nos últimos anos devido suas aplicações práticas em áreas como indústria, medicina, logística e tecnologia em geral. Este artigo aborda a utilização deste conceito aplicada a um exemplo de sistema de monitoramento remoto de pacientes por meio da captura, armazenamento e consulta de dados de frequência cardíaca, oxigenação sanguínea e temperatura corporal. Dentre as tecnologias utilizadas encontra-se o microcontrolador ESP32 com um sensor de frequência cardíaca e oxímetro (MAX30100), sensor de temperatura (LM35) e uma API (desenvolvida em linguagem Java) responsável por receber as informações capturadas pelo microcontrolador, além de um aplicativo mobile para exibir o resultado dos dados consultados pela API.

Palavras-chave: Internet das Coisas. IoT. Java. Microcontrolador. ESP32. Sinais Biomédicos.

Abstract: *The Internet of Things (IoT) concept has gained strength in recent years due to practical applications in areas such as industry, medicine, logistics and technology in general. This paper discusses the use of this concept applied to the example of remote patient monitoring system by capturing, storing and querying data on heart rate, blood oxygenation and body temperature. Among the technologies used are the ESP32 microcontroller with a heart rate sensor and oximeter (MAX30100), temperature sensor (LM35) and an API (developed in Java language) responsible for receiving information captured by the microcontroller, as well as a Mobile app to display the result of the data queried by the API.*

Keywords: *Internet of Things. IoT. Java. Microcontroller. ESP32. Biomedical signals.*

I. INTRODUÇÃO

A IoT é um conceito em que todos os objetos (computadores, smartphones, eletrodomésticos, veículo, semáforos, sistemas de irrigação, dentre outros) estejam conectados à internet de forma inteligente à medida que custo da conectividade tende a baixar (MONK, 2018).

Este conceito não é novo, há vinte anos por meio da popularização da internet já se pensava em formas de interligar equipamentos do cotidiano, porém com as algumas tecnologias desenvolvidas atualmente esse tipo de comunicação se tornou mais fácil e com menor custo (OLIVEIRA, 2017).

Segundo Oliveira (2017), uma das primeiras tecnologias associadas a Internet das Coisas foi o RFID (Radio Freqüência Identification ou Identificação por rádio frequência), que hoje é utilizada em crachás, veículos e até em supermercados substituindo outros tipos de identificação como por exemplo o código de barras.

Estima-se que 50 bilhões de dispositivos no mundo estarão conectados à Internet até 2020 dentre eles computadores, smartphones, TVs etc. gerando um crescimento no mercado de IoT de US\$ 655,8 bilhões para US\$ 1,7, além disto, dois terços destes dispositivos serão sensores, atuadores ou dispositivos inteligentes recém-fabricados para monitoramento, controle, análise e otimização (SANTOS, 2018).

A Figura 1 mostra a estimativa de crescimento de dispositivos conectados à internet até 2020.

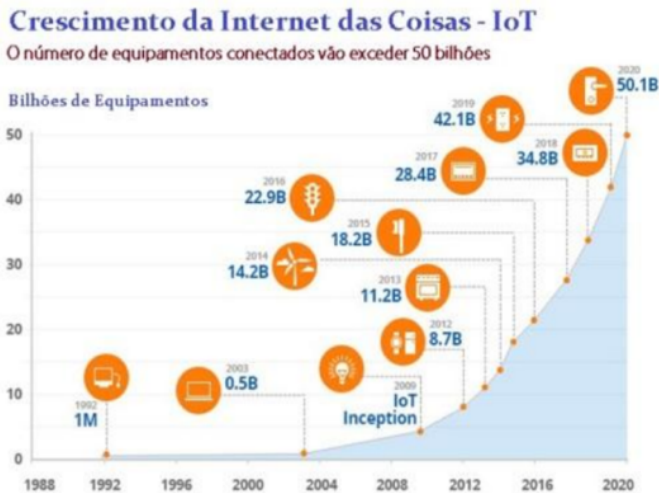
¹Acadêmico do curso de Engenharia da Computação. Centro Universitário ENIAC. e-mail: 258512015@eniac.edu.br.

²Doutor em Engenharia, Professor e Pesquisador do NUPE, Centro Universitário ENIAC. e-mail: jlopesf@uol.com.br.

³Bacharel em Engenharia Elétrica e de Produção, Centro Universitário ENIAC. e-mail: vinicius_puglia@hotmail.com.

⁴Mestre em Engenharia, Professor e Pesquisador do NUPE, Centro Universitário ENIAC. e-mail: renatobritosanchez@gmail.com

Figura 1 - Estimativa de Crescimento de Dispositivos conectados à Internet



Fonte: Santos, 2018.

Sinais vitais são indicadores do funcionamento fisiológico básico do corpo humano e recebem tal nome devido sua importância, sendo seus parâmetros regulados por órgãos vitais e variações de valores nestes parâmetros como temperatura, pulso, respiração e pressão arterial, podem indicar problemas como insuficiência ou excesso de consumo de oxigênio, depleção sanguínea, desequilíbrio eletrolítico, invasão bacteriana ou outros (MURTA; RUSSI, 2006).

Com os avanços da nova era da informação e as atuais tendências do mercado de tecnologia o modelo de negócio baseado em Internet das Coisas mostra oportunidades em diversas áreas, dentre elas a saúde.

Segundo Magrani (2018), a Internet das Coisas tem sido encarada com otimismo por setores da indústria, com estimativa de impacto econômico global correspondente a mais de US\$ 11 trilhões em 2025, além disso são previstos cerca de 100 bilhões de dispositivos inteligentes conectados até lá.

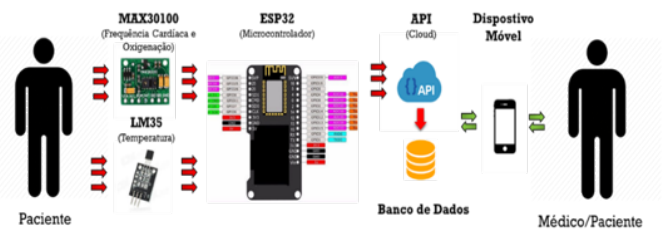
Doenças cardiovasculares são a principal causa de morte no mundo estima-se que em 2015 17,7 milhões de pessoas (representando 31% de todas as mortes em nível global) morreram devido a isto (OPAS/OMS, 2017).

Sendo assim, para pessoas com doenças cardiovasculares ou com alto risco cardiovascular é fundamental o diagnóstico e tratamento precoce e este trabalho propõe o uso da tecnologia como forma complementar ao acompanhamento médico.

O projeto desenvolvido se trata de um sistema de monitoramento remoto de sinais biomédicos baseado

no conceito de Internet das Coisas, o qual faz uso de um microcontrolador, sensores de frequência cardíaca, oxigenação e temperatura e de uma API Cloud conforme a Figura 2.

Figura 2 - Exemplo do Sistema Proposto



Fonte: Autor.

II. MÉTODO

A metodologia utilizada neste trabalho consiste em duas etapas sendo uma delas a pesquisa aplicada exploratória que visa analisar o valor da Internet das Coisas na área da saúde e a segunda em um desenvolvimento experimental por meio da construção de um protótipo e sua validação quanto a aquisição de dados de frequência cardíaca, oxigenação sanguínea e temperatura corporal.

Logo, neste trabalho, a elaboração do protótipo tem como objetivo validar a aplicação de Internet das Coisas no monitoramento remoto de sinais biomédicos como ferramenta para apoiar ao diagnóstico e uso clínico.

Para desenvolver ambas as etapas, os dados do projeto foram divididos em 4 itens sendo, o levantamento bibliográfico, o estudo de tendências e tecnologias recomendadas, a construção de protótipo e os testes e validações, os quais para o protótipo foi devido 3 etapas de elaboração sendo:

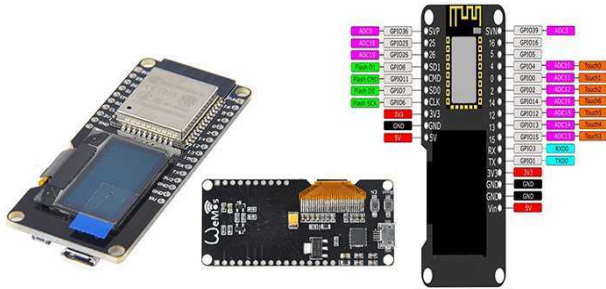
- Aquisição de dados de frequência cardíaca, oxigenação e temperatura por meio de sensores e um microcontrolador;
- Desenvolvimento de uma API (*Application Programming Interface* ou Interface de Programação de Aplicativos) para integração dos dados obtidos pelo microcontrolador e o servidor.
- Desenvolvimento de um aplicativo mobile para consumo dos dados armazenados pela API.

A. MATERIAIS

O ESP32 utilizado no projeto é um chip com microcontrolador integrado de 2.4GHz, Wifi e

Bluetooth projetado com sensor de ultrabaixa potência de 40 nm, foi desenvolvido e criado pela Espressif Systems e é fabricado pela TSMC. Ele é projetado para obter a melhor potência e desempenho de RF, mostrando robustez, versatilidade e confiabilidade em uma ampla variedade de aplicações e cenários de energia (ESPRESSIF, 2018).

Figura 2 - Microcontrolador ESP32 mod. Wemos Lolin 32



Fonte: Geekstips, 2019.

Para medição da temperatura foi escolhido o sensor LM35 que possui as como características faixa de temperatura entre -55°C a 150°C , precisão de $0,5^{\circ}\text{C}$, calibração em graus Celsius, tensão de operação: 4 a 30V e consumo de corrente: $<60\ \mu\text{A}$.

A Figura 4 ilustra o sensor de temperatura utilizado:

Figura 3 - Sensor de Temperatura LM32



Fonte: Filipeflop, 2019.

Já para a medição de frequência cardíaca e oxigenação foi escolhido o sensor MAX30100 com as seguintes características: tensão de operação: 1.8 a 3.3V DC, interface de comunicação I2C, LEDs integrados, fotodetector embutido, consumo de corrente de $0.7\ \mu\text{A}$ e sistema de cancelamento de luz ambiente integrado.

A Figura 5 ilustra o sensor MAX30100:

Figura 4 - Sensor de Frequência Cardíaca e Oxigenação MAX30100



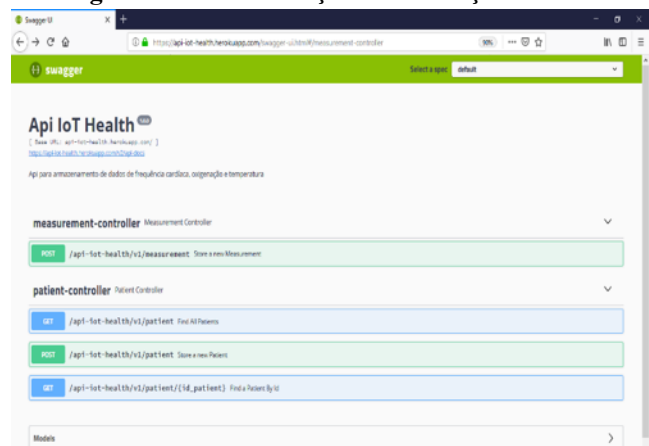
Fonte: Filipeflop, 2019.

B. DESENVOLVIMENTO DA API E UTILIZAÇÃO DO MICRONTROLADOR

O desenvolvimento do projeto se deu primeiramente por meio da construção da API responsável pelo armazenamento dos dados obtidos pelo microcontrolador. A API foi desenvolvida em linguagem de programação Java com o *framework* Spring Boot e hospedada no serviço *cloud* Heroku, sendo possível consultar sua documentação de utilização por meio da URL <https://api-iot-health.herokuapp.com/swagger-ui.html>.

A Figura 6 exemplifica a documentação exibida ao acessar a API.

Figura 5 - Documentação de Utilização da API



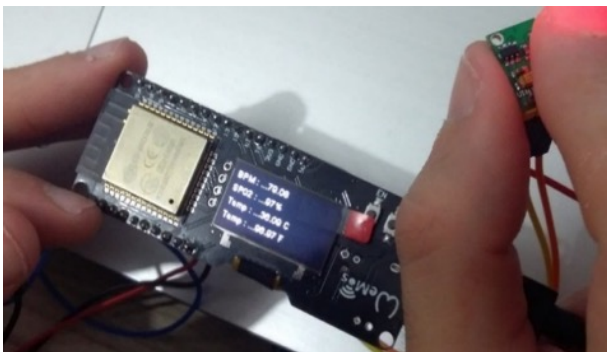
Fonte: Autor.

A construção do protótipo com o microcontrolador e os sensores ocorreu na sequência da conclusão da construção API e o desenvolvimento de seu algoritmo em linguagem C++ fez uso do

PlatformIO, que é uma plataforma *open source* (código aberto) destinada a facilitar o desenvolvimento de aplicações que utilizam Internet das Coisas por possuir fácil gerenciamento de bibliotecas de diversos fabricantes de microcontroladores e suporte a diversas IDEs (*Integrated Development Environment* ou Ambiente de Desenvolvimento Integrado).

A Figura 7 exemplifica o a medição feita pelo microcontrolador com os sensores.

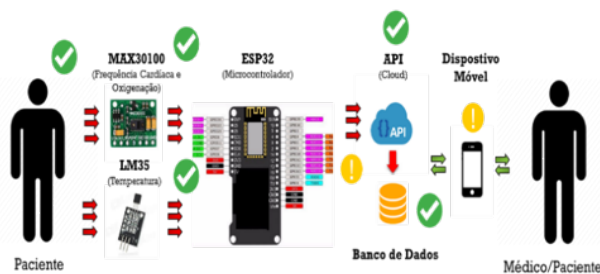
Figura 6 -Exemplo de Medição com Sensores e Microcontrolador



Fonte: Elaborado pelo autor.

O projeto encontra-se pendente nas etapas de construção quanto ao envio dos dados lidos pelos sensores para API e quanto a exibição dos dados para o usuário em alguma interface gráfica (web ou mobile). A Figura 8 ilustra as etapas concluídas e pendentes do projeto.

Figura 7 - Etapas Concluídas do Projeto

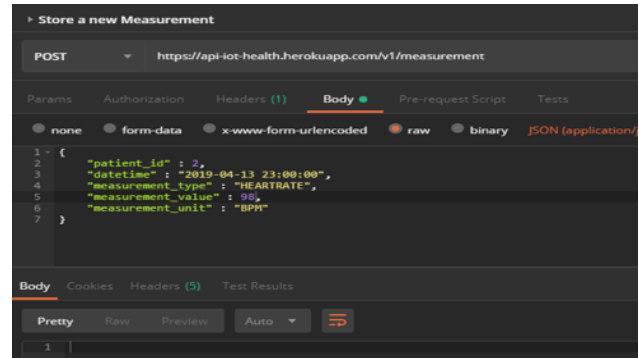


Fonte: Autor.

III. RESULTADOS

Os resultados obtidos na validação do protótipo foram o correto funcionamento da API hospedada quanto a aquisição de dados conforme demonstração da Figura 9 exemplificando uma requisição http por meio da ferramenta Postman para registro de uma nova medição de frequência cardíaca.

Figura 9 - Exemplo de Requisição HTTP para registro de frequência cardíaca



Fonte: Autor.

Percebeu-se durante a experimentação que o sensor MAX30100 não apresenta boa precisão quando o processamento entre a leitura dos sinais e outra operação que requer um tempo considerável do microcontrolador para ser finalizada (como envio dos dados para a API).

Já o sensor LM35 apresentou ótima precisão no mesmo exemplo citado, portanto é recomendado que para obtenção de dados de frequência cardíaca e oxigenação sanguínea com armazenamento dos mesmos via requisições http que se utilize outro sensor com maior precisão.

IV. DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

O projeto mostrou-se viável para monitoramento de sistemas biomédicos e com alto potencial de exploração também para outros indicadores importantes para saúde humana como pressão arterial, glicemia entre outros.

Além disso, com um grande volume de dados armazenados de pacientes é possível a realização de estudos futuros seguindo o conceito de *Data Analytics* se baseando em padrões e modelos para ajuda em diagnósticos e identificar comportamentos semelhantes que possam indicar problemas futuros na vida do paciente.

Como sugestão de trabalhos futuros destaca-se a medição de outros indicadores de saúde humana já citados anteriormente e a criação de uma interface gráfica que permita uma interação mais amigável com a manipulação dos dados armazenados.

V. REFERÊNCIAS

- [1] ESPRESSIF. **ESP32 Series Datasheet v2.6**. Disponível em <https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32_datasheet_en.pdf>. Acesso em 15 de novembro de 2018.
- [2] MAGRANI, Eduardo – **A Internet das Coisas**. Rio de Janeiro: FGV Editora, 2018.
- [3] MONK, Simon. **Internet das Coisas: Uma Introdução com o Photon**. Porto Alegre: Bookman, 2018.
- [4] MURTA, G. F.; RUSSI, J. N. **Procedimentos Básicos de Enfermagem no Cuidar**. São Caetano do Sul: Difusao Editora, 2006.
- [5] OLIVEIRA, Sérgio de. **Internet das Coisas com ESP8266, Arduino e Raspberry Pi**. São Paulo: Novatec, 2017.
- [6] OPAS/OMS, **Doenças Cardiovasculares**. 2017. Disponível em: <https://www.paho.org/bra/index.php?option=com_content&view=article&id=5253:doencas-cardiovasculares&Itemid=1096>. Acesso em 03 de março de 2019.
- [7] SANTOS, Sandro. **Introdução à IoT. Desvendando a Internet das Coisas**. São Paulo: Novatec, 2018.