CBIS'24
XX Congresso Brasileiro de Informática em Saúde
08/10 a 11/10 de 2024 - Belo Horizonte/MG - Brasil

Sistema de supervisão clínico de doenças cardiovasculares

Clinical supervision system for cardiovascular diseases

Sistema de supervisión clínica de enfermedades cardiovasculares

Geanne Tereza Ferreira Olímpio[1], Luana Ribeiro Gomes[1], João Victor Bentes Soares[1], José Ricardo Barros da Silva[1], Luana Lima Sá[2], José Ruben Sicchar Vilchez[3]

[1] Graduandos da Universidade do Estado do Amazonas/Escola Superior de Tecnologia (UEA/EST), Manaus (AM), Brasil.
[2] Graduanda da Universidade do Estado do Amazonas/Escola Superior de Ciências da Saúde (UEA/ESA), Manaus (AM), Brasil
[3] Prof. Doutor da Universidade do Estado do Amazonas/Escola Superior de Tecnologia (UEA/EST), Manaus (AM), Brasil.

Autor correspondente: Luana Ribeiro Gomes
E-mail: luanaribeiro1206.lr@gmail.com

Link: Telas do aplicativo móvel: https://acesse.dev/9K2k4

Resumo

Objetivo: Diante do aumento das doenças cardiovasculares, o estudo em questão tem como objetivo a proposta de um sistema de saúde digital que combina um protótipo de monitoramento clínico remoto de sinais biomédicos, utilizando biossensores para capturar sinais de fotopletismografia e eletrocardiograma, com um aplicativo móvel. Método: O método utilizado envolve o desenvolvimento do sistema no contexto da Internet das Coisas (IoT) para coletar e transmitir dados biomédicos em tempo real, promovendo uma abordagem proativa à saúde. Resultados: Os resultados destacam a eficácia do sistema na aquisição, transmissão e filtragem de dados no decorrer de testes, a partir de uma comunicação integrada. Conclusão: O sistema de saúde digital proposto demonstra ser uma ferramenta valiosa para telemedicina, contribuindo para qualidade de vida dos pacientes.

Descritores: Monitoramento; Biossensores; Aplicativo Móvel

Abstract

Objective: Given the increase in cardiovascular diseases, the aim of this study is to propose a digital health system that combines a remote clinical monitoring prototype for biomedical signals using biosensors to capture photoplethysmography and electrocardiogram signals with a mobile application. Method: The method used involves the development of the system within the context of the Internet of Things (IoT) to collect and transmit biomedical data in real-time, promoting a proactive approach to health. Results: The results highlight the effectiveness of the system in acquiring, transmitting, and filtering data during tests, through integrated communication. Conclusion: The proposed digital health system proves to be a valuable tool for telemedicine, contributing to the quality of life of patients.

Keywords: Monitoring; Biosensors; Mobile Application

Resumen

Objetivo: Dado el aumento de las enfermedades cardiovasculares, el objetivo de este estudio es proponer un sistema de salud digital que combine un prototipo de monitoreo clínico remoto de señales biomédicas, utilizando biosensores para capturar señales de fotopletismografía y electrocardiograma, con una aplicación móvil. Método: El método utilizado implica el desarrollo del sistema en el contexto del Internet de las Cosas (IoT) para recolectar y transmitir datos biomédicos en tiempo real, promoviendo un enfoque proactivo hacia la salud. Resultados: Los resultados destacan la eficacia del sistema en la adquisición, transmisión y filtrado de datos durante las pruebas, a través de una comunicación integrada. Conclusión: El sistema de salud digital propuesto demuestra ser una herramienta valiosa para la telemedicina, contribuyendo a la calidad de vida de los pacientes.

Descriptores: Monitoreo; Biosensores; Aplicación Móvil

1. Introdução

As doenças cardiovasculares (DCV) representam uma das maiores preocupações em saúde pública, tanto no Brasil quanto em escala global. Segundo Précoma *et al.* [1], as DCV são a principal causa de mortalidade, ocasionando aumento da morbidade,

mortalidade prematura, incapacidades, perda da qualidade de vida e custos diretos e indiretos à saúde. Roth *et al.* [2], citando estimativas do estudo *Global Burden of Disease* (GBD), destaca que os casos prevalentes de DCV aumentaram significativamente entre 1990 e 2019, passando de 271 milhões para 523 milhões, respectivamente.

Para a prevenção das DCV, torna-se necessário o fortalecimento das medidas de proteção e promoção da saúde, especialmente aquelas que promovem hábitos de vida saudáveis e o acesso às medidas para prevenção primária e secundária de DCV, conforme apontado por Précoma *et al.* [1]. Além disso, Malta *et al* [3] enfatiza que o monitoramento e a vigilância dos fatores de risco, juntamente com ações integradas, devem ser prioritários no enfrentamento dessas doenças, pois permitem o desenvolvimento de estratégias com maior custo-efetividade, baseadas em evidências.

A revolução na área da saúde, impulsionada pela computação e tecnologias associadas, está promovendo uma transformação cultural conhecida como saúde digital. Essa mudança coloca o cuidado com o paciente em destaque, facilitando a colaboração na tomada de decisões por profissionais de saúde [4]. A telemedicina, uma prática da saúde digital, oferece a possibilidade de acompanhamento remoto, eliminando a necessidade de visitas presenciais. Isso tem impulsionado o desenvolvimento tanto em *software* quanto em *hardware* para aquisição e processamento de dados, incluindo dispositivos, circuitos integrados e comunicação IoT (Internet das coisas) [5].

A revisão literária evidencia dois principais tipos de sistema de desenvolvimento para a telemedicina: I) sistema de monitoramento via aplicativo II) dispositivos de aquisição de sinais biomédicos.

i) No sistema de monitoramento via aplicativo apresenta-se de modo geral uma interface amigável entre o paciente e o profissional da saúde. Focando-se na coleta de dados de sintomas inerentes à identificação de possíveis endemias. Realizado na maior parte das vezes esse procedimento de forma remota [6].

Este procedimento destaca-se pela identificação remota de pacientes suspeitos e pelo início do tratamento preventivo de doenças infectocontagiosas. Um dos principais pré-requisitos para desenvolver um sistema de monitoramento é definir quais parâmetros serão considerados, juntamente com a tecnologia de aquisição. Conforme N. Ji *et al*. [6], o

uso de tecnologias vestíveis e de saúde móvel (*mHealth*) possibilita a medição remota de parâmetros fisiológicos relevantes, como temperatura corporal, frequência respiratória, saturação sanguínea (SpO2), frequência cardíaca (FC) e eletrocardiograma (ECG), essenciais para o monitoramento de doenças cardiovasculares (DCV).

A obtenção precisa da frequência cardíaca (FC) é viabilizada por técnicas como fotopletismografia (PPG) e eletrocardiograma (ECG), proporcionando *insights* valiosos para o prognóstico e o manejo clínico de pacientes.

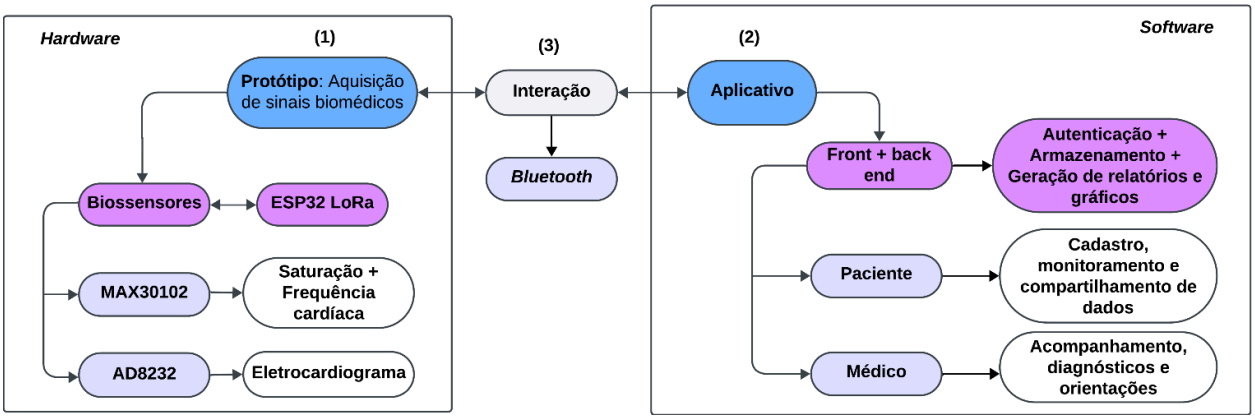
ii) Os dispositivos de aquisição de sinais biomédicos vêm tendo um crescimento exponencial, impulsionado pelo alto grau de assertividade diagnóstica resultante do processamento de evidências reais do paciente [7]. Conforme pontuado por Kumar *et al.* [8], a utilização de sensores, microcontroladores e aplicativos permite o monitoramento de diversos parâmetros biomédicos, como fotopletismografia e eletrocardiograma, com a capacidade de enviar alertas em situações críticas. Dessa forma, o emprego dessas técnicas baseadas em sensores pode desempenhar um fundamental na prevenção de consequências graves para os pacientes.

Com base no contexto apresentado, este trabalho propõe o desenvolvimento de um aplicativo móvel que atue em conjunto com um sistema integrado de processamento de dados para armazenamento, acompanhamento e auxílio na identificação de possíveis anomalias em pacientes, dentro do âmbito da saúde digital. Essa abordagem possibilita que profissionais identifiquem e monitorem problemas de forma mais eficiente.

2. Métodos

A metodologia empregada para a proposta foi estruturada com base no fluxograma, conforme representado na Figura 1.

Figura 1 – Metodologia adotada



Após revisão da literatura, o projeto foi estrategicamente dividido em duas seções distintas: 1) *Hardware*: desenvolvimento do protótipo para aquisição dos sinais; 2) *Software*: criação de aplicativos móveis, integrados por meio de uma conexão via *Bluetooth*.

2.1 *Hardware* (Protótipo)

O *hardware* consiste na combinação dos sensores biomédicos MAX30102 e AD8232 para aquisição de sinais juntamente com o microcontrolador ESP32 *LoRa*, oferecendo uma solução eficiente para o monitoramento clínico remoto.

2.1.1 Biossensores

2.1.1.1 Sensor MAX30102 para Saturação Sanguínea

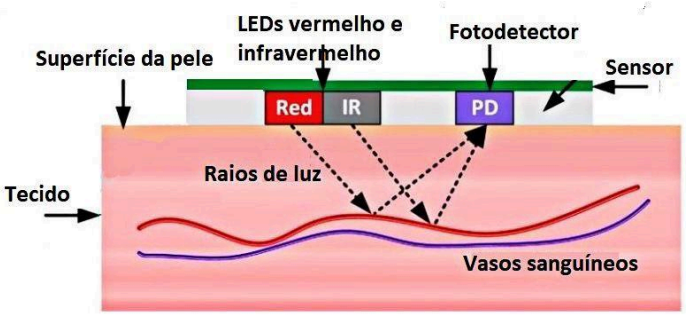
A saturação de oxigênio (SpO2) indica a proporção de hemoglobina oxigenada em relação à totalidade da hemoglobina no sangue, sendo fundamental para avaliar o transporte de oxigênio no corpo. Por meio de um oxímetro de pulso não invasivo, posicionado no dedo do paciente, é possível detectar e exibir imediatamente a quantidade de oxigênio no sangue em seu visor. A Tabela 1 apresenta os níveis de SpO2 e suas respectivas classificações.

Tabela 1 – Nível de saturação de oxigênio no sangue

95 – 99%	Normal
91 – 94%	Hipoxemia leve
86 – 90%	Hipoxemia moderada
<86%	Hipoxemia severa

A fotopletismografia é uma técnica que mede as variações volumétricas do sangue em diferentes partes do corpo utilizando raios luminosos de forma não invasiva. O sensor MAX30102 utiliza essa técnica para medir a quantidade de luz absorvida pelos vasos sanguíneos na pele do paciente [9]. Equipado com fotodetectores sensíveis, o sensor emite luz vermelha e infravermelha na pele e mede a luz refletida pelos vasos sanguíneos, visto na Figura 2. Com base na quantidade de luz absorvida, o MAX30102 determina o nível de oxigenação do sangue e a saturação de oxigênio.

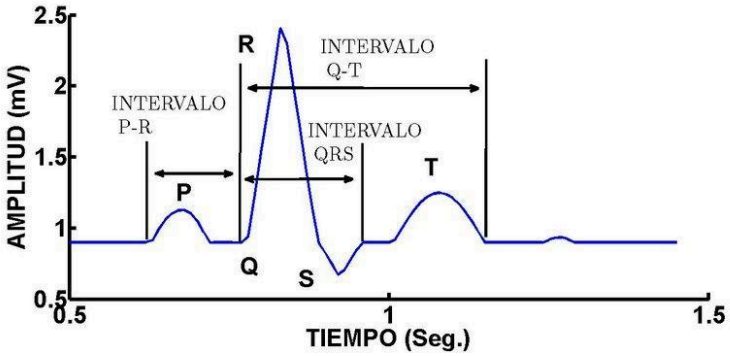
Figura 2 – Funcionamento do sensor MAX30102 [9]



2.1.1.2 AD8232 para Eletrocardiograma

O eletrocardiograma (ECG) registra a atividade elétrica do coração por meio de eletrodos fixados na pele, representando-a como ondas P, complexo QRS e onda T, que refletem os processos de despolarização e repolarização dos átrios e ventrículos [10], como ilustrado na Figura 3 abaixo.

Figura 3 – Onda ECG [10]



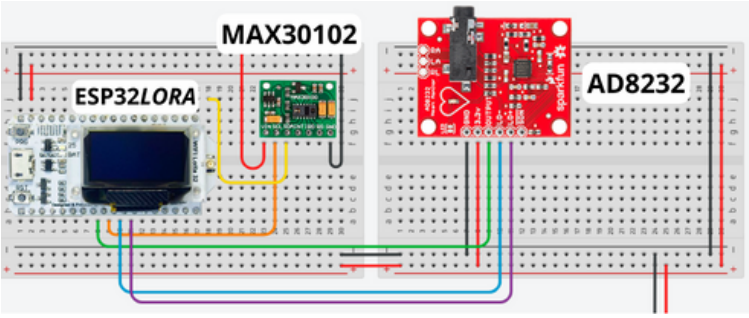
O sensor AD8232 é um dispositivo de monitoramento cardíaco que utiliza a técnica de eletrocardiografia (ECG) para capturar os sinais elétricos do coração. Equipado com

circuitos de amplificação e filtragem integrados, o AD8232 converte os sinais elétricos em um sinal analógico de saída [10]. Para aprimorar a análise do sinal de ECG, o algoritmo empregado inclui um filtro digital passa-baixa, que atua como um "filtro de suavização", eliminando oscilações rápidas e ruídos de alta frequência, proporcionando um sinal mais estável e de mais fácil interpretação.

2.1.2 Esp32 LoRa

O ESP32 é um módulo de comunicação sem fio baseado no *chip* ESP32, que combina *Wi-Fi*, *Bluetooth* e tecnologia de rádio *LoRa*. Ele permite a transmissão de dados em longas distâncias com baixo consumo de energia. O módulo é altamente configurável e adequado para aplicações de IoT que exigem conectividade de longo alcance, como monitoramento remoto e rastreamento de ativos. Assim o esquemático do sistema desenvolvido para o monitoramento pode ser visto na Figura 4.

Figura 4 – Esquemático do sistema de monitoramento



2.2 *Software* (Aplicativo)

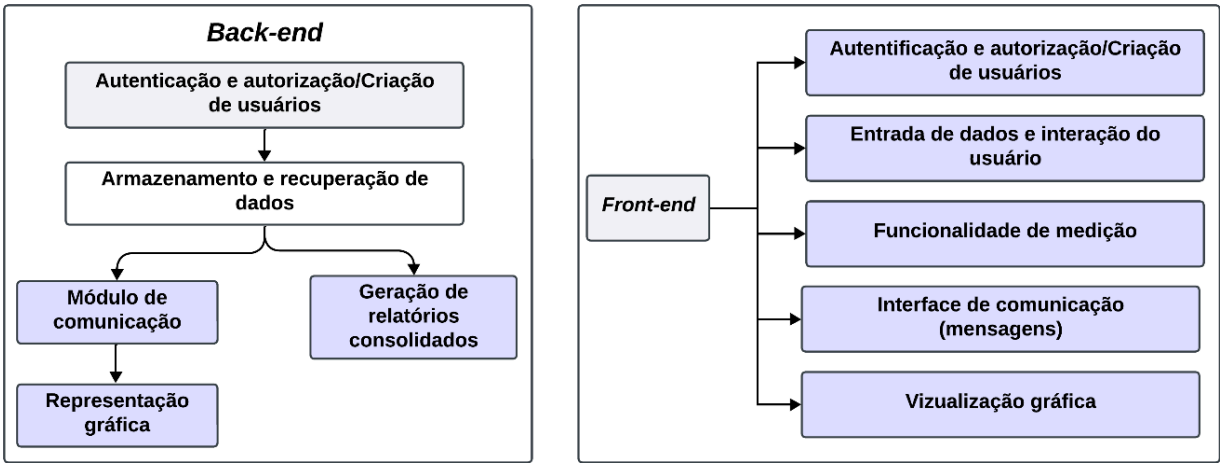
O sistema de monitoramento remoto complementa, mas não substitui, a orientação e envolvimento de profissionais de saúde, pois a interpretação precisa dos dados e intervenções médicas exigem conhecimento e expertise específicos. Assim, uma abordagem colaborativa entre pacientes e profissionais de saúde a partir do uso de um aplicativo torna-se essencial no contexto de saúde digital, proporcionando uma plataforma para diagnóstico e recomendações médicas baseadas nos resultados obtidos.

O sistema em questão apresenta uma estrutura com dois níveis de acesso distintos, destinados aos usuários médico e paciente.

- **Médico:** É essencial que médicos tenham acesso a uma plataforma digital dedicada para otimizar o gerenciamento das informações médicas e garantir diagnósticos precisos. Após criar uma conta e fazer *login*, eles podem visualizar detalhes completos dos pacientes, incluindo históricos familiares e registros de medições, proporcionando uma compreensão abrangente da condição de saúde ao longo do tempo, com auxílio de gráficos ilustrativos.
- **Paciente:** O aplicativo oferece facilidades para o gerenciamento da saúde do paciente, permitindo que usuários insiram informações pessoais, histórico médico e alergias, facilitando o acesso dos médicos. Além disso, o armazenamento seguro de medições como ECG, saturação e IMC é possível. A comunicação direta com médicos especialistas e o acompanhamento do progresso por meio de gráficos ilustrativos promovem uma abordagem participativa e personalizada no cuidado com a saúde.

A aplicação desenvolvida, conforme a Figura 5, assegura uma comunicação robusta e segura, sustentada por um código de *back-end* confiável. No *front-end*, visível ao usuário, ela oferece uma experiência de usuário intuitiva e interativa.

Figura 5 – Estrutura de *back-end* e *front-end*

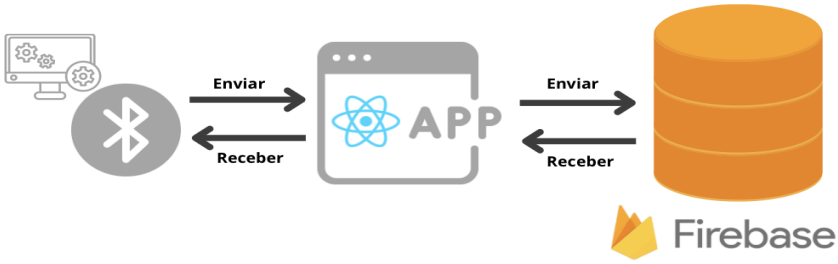


2.3 Integração

As tecnologias utilizadas incluem *React* JS para o *front-end* da aplicação *web*, proporcionando uma interface intuitiva e amigável com *JavaScript, Typescript*, HTML e

CSS. Para banco de dados, autenticação de usuários e notificações, foi empregado o *Firebase*, uma ferramenta de *back-end* em nuvem de fácil integração. O *hardware* responsável pelas medições de ECG e saturação transmite dados por *Bluetooth*, que são então armazenados no *Firebase* para acesso posterior e histórico. O fluxo de informações é representado no diagrama da Figura 6 abaixo.

Figura 6 – Diagrama de integração do *hardware* e *software*



Portando, uma comunicação de duas vias entre os elementos citados anteriormente, proporcionando o recebimento e envio de informações de forma eficaz.

2.4 Validação

Com o sistema devidamente integrado, uma série abrangente de testes foi conduzida tanto no *hardware* quanto no *software*, buscando ajustes precisos até que os resultados atingissem níveis satisfatórios. Garantida a conformidade técnica, o projeto foi submetido à Plataforma Brasil, sob número CAEE (Certificado de Apresentação de Apreciação Ética) 5016.78767423.5.0000.6018

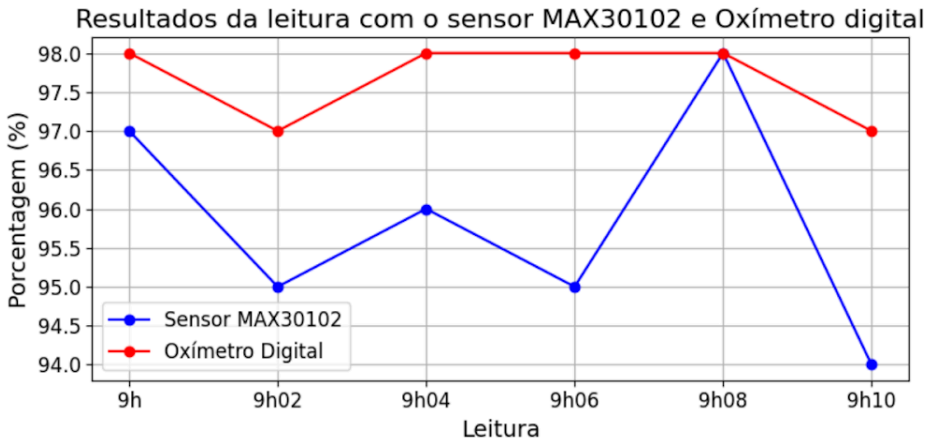
3. Resultados

Os resultados desta pesquisa indicam que o aplicativo desenvolvido apresentou êxito nos testes das principais funcionalidades implementadas. A integração *hardware* e *software* via *Bluetooth* também foi bem-sucedida, com destaque para exibição adequada dos dados obtidos pelos sensores e demais configurações voltadas para cadastro de informações.

Observando as leituras na Figura 7, pode-se notar uma variação nos valores registrados pelo sensor MAX30102, quando comparados com as leituras do oxímetro digital que permaneceram quase constantes, variando entre 97% e 98%. Isso indica que o

sensor pode estar sujeito a uma maior variabilidade nas medições, possivelmente devido a fatores como luminosidade do ambiente.

Figura 7 – Gráfico comparativo de leitura com o sensor MAX30102 e oxímetro digital



O sinal exibido no osciloscópio na Figura 8 (A) revela o ECG registrado pelo sensor AD8232, ao qual foi adicionado um filtro passa-baixas em seu código. Embora apresente algumas variações, o sinal exibe características típicas de um ECG. Na Figura 9 (B), é exibido o protótipo, que inclui um *case* personalizado impresso em ácido polilático (PLA), para comportar os biossensores e o ESP *LoRa*, observa-se no *display* a representação visual do ECG e da frequência cardíaca equivalente. Ao lado, são visíveis as três conexões correspondentes aos três eletrodos posicionados no paciente em teste.

Figura 8 – Leitura do sensor AD8232 e protótipo atual

(A) **(B)**

No que diz respeito à visualização de dados, as telas do aplicativo médico e paciente (Figuras 9 e 10, respectivamente) foram elaboradas para oferecer uma boa usabilidade. Elas foram programadas de forma a proporcionar uma experiência intuitiva e eficiente ao usuário. Essa abordagem garantiu que o aplicativo atendesse às

necessidades dos usuários de saúde digital, tornando-o uma ferramenta útil e prática para o monitoramento e gestão da saúde pessoal.

Figura 9 – Principais telas de acesso médico

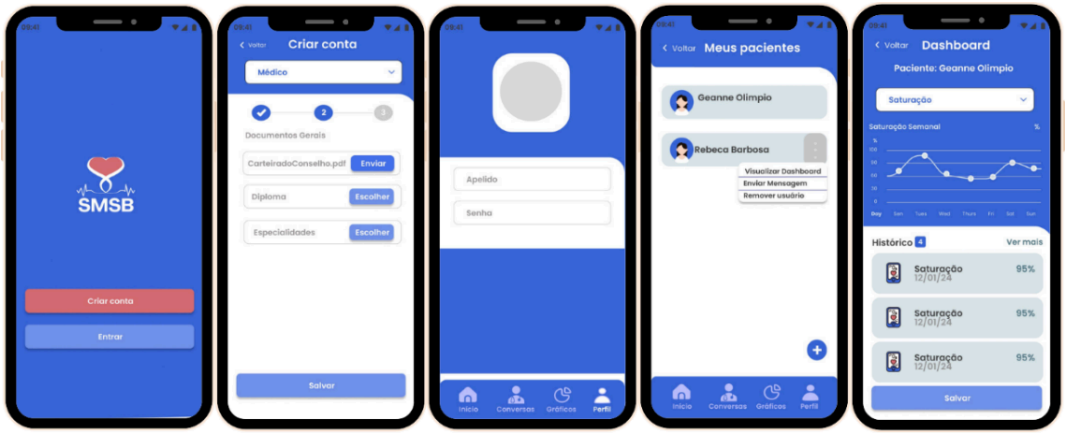
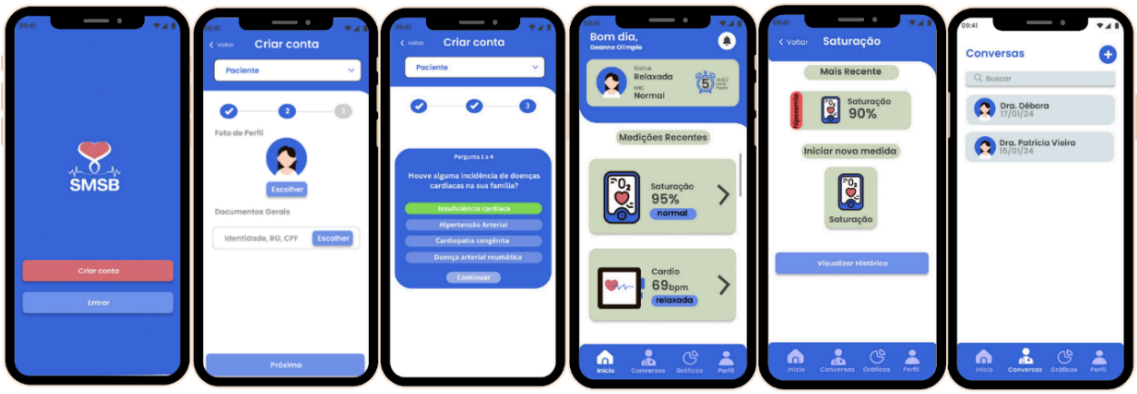


Figura 10 – Principais telas de acesso do paciente



4. Conclusão

O sistema apresenta-se como uma solução promissora como ferramenta para auxiliar pacientes com doenças cardiovasculares (DCV). Ao permitir que os pacientes monitorem seus sinais vitais de forma contínua e conveniente, o sistema oferece benefícios como sinais de alarme precoce e a possibilidade de acompanhamento efetivo, além de contribuir para a prevenção de complicações por meio da intervenção de um profissional da área.

Para trabalhos futuros, é possível mencionar a realização de testes com o protótipo a partir da placa de circuito impressa (PCB). Além disso, a realização de validações

clínicas, após a aprovação do comitê ético, permitirá a realização de testes que possibilitarão uma avaliação mais completa do desempenho do sistema em diferentes cenários clínicos dos pacientes.

Referências

1. PRÉCOMA, D. B. et al. Updated Cardiovascular Prevention Guideline of the Brazilian Society of Cardiology - 2019. Arquivos Brasileiros De Cardiologia, v. 113, n. 4, p. 787–891, 1 out. 2019.

2. ROTH, G. A. et al. Global Burden of Cardiovascular Diseases and Risk Factors, 1990-2019: Update From the GBD 2019 Study. Journal of the American College of Cardiology, v. 76, n. 25, p. 2982–3021, 22 dez. 2020.

3. MALTA, D. C. et al. A construção da vigilância e prevenção das doenças crônicas não transmissíveis no contexto do Sistema Único de Saúde. Epidemiologia e Serviços de Saúde, v. 15, n. 3, set. 2006.

4. COSTA, Cristiano André da. Saúde Digital e a Revolução na Medicina. Journal of Health Informatics, Brasil, v. 15, n. 2, p. 1, 2023. DOI: 10.59681/2175-4411.v15.i2.2023.1132. Disponível em: https://jhi.sbis.org.br/index.php/jhi-sbis/article/view/1132. Acesso em: 27 abr. 2024.

5. HALEEM, Abid et al. Telemedicine for healthcare: Capabilities, features, barriers, and applications. Sensors international, v. 2, p. 100117, 2021.

6. N. Ji et al., "Recommendation to Use Wearable-Based mHealth in Closed-Loop Management of Acute Cardiovascular Disease Patients During the COVID-19 Pandemic," in IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics, vol. 25, no. 4, pp. 903-908, April 2021, doi: 10.1109/JBHI.2021.3059883.

7. ARAUJO, Matheus Soares de et al. Análise de confiabilidade de monitores multiparamétricos utilizados em unidades de terapia intensiva. 2020.

8. KUMAR, M. et al. Unravelling the early warning capability of wastewater surveillance for COVID-19: A temporal study on SARS-CoV-2 RNA detection and need for the escalation. Environmental Research, v. 196, p. 110946, maio 2021.

9. ALLDATASHEET.COM. MAX30102 PDF. Disponível em: <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet pdf/view/859400/MAXIM/MAX30102.html>.

10. CHAVES, L. A. Desenvolvimento de um sistema embarcado para aquisição de potenciais cardíacos. Disponível em: <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/14640>. Acesso em: 27 abr. 2024.