



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GESTÃO E
INOVAÇÃO EM SAÚDE



MATHEUS ANDRÉ COUTINHO FERREIRA

**Análise e desenvolvimento de sistemas embarcados para auxílio ao diagnóstico de
doenças na Atenção Primária à Saúde**

NATAL/RN
2021

MATHEUS ANDRÉ COUTINHO FERREIRA

Análise e desenvolvimento de sistemas embarcados para auxílio ao diagnóstico de doenças na Atenção Primária à Saúde

Dissertação apresentada como requisito para obtenção do título de Mestre em Gestão e Inovação em Saúde pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

Orientador(a): Prof. Dr. Antônio Higor Freire de Moraes

Co-orientador(a): João Paulo Queiroz dos Santos

**NATAL/RN
2021**

Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN
Sistema de Bibliotecas - SISBI
Catalogação de Publicação na Fonte. UFRN - Biblioteca Setorial do Centro Ciências da Saúde - CCS

Ferreira, Matheus André Coutinho.

Análise e desenvolvimento de sistemas embarcados para auxílio ao diagnóstico de doenças na Atenção Primária à Saúde / Matheus André Coutinho Ferreira. - 2021.

81f.: il.

Dissertação (Mestrado Profissional em Gestão e Inovação em Saúde) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Ciências da Saúde, Programa de Pós-graduação em Gestão e Inovação em Saúde. Natal, RN, 2021.

Orientador: Antônio Higor Freire de Moraes.

Coorientador: João Paulo Queiroz dos Santos.

1. Atenção Primária à Saúde - Dissertação. 2. Sífilis - Dissertação. 3. MiRNA - Dissertação. 4. Câncer - Dissertação. 5. Diagnóstico auxiliado por sistemas - Dissertação. I. Moraes, Antônio Higor Freire de. II. Santos, João Paulo Queiroz dos. III. Título.

RN/UF/BS-CCS

CDU 614

**Análise e desenvolvimento de sistemas embarcados para auxílio ao diagnóstico
de doenças na Atenção primária em saúde**

por

Matheus André Coutinho Ferreira

**DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GESTÃO E
INOVAÇÃO EM SAÚDE DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE**

MESTRE EM GESTÃO E INOVAÇÃO EM SAÚDE

Junho, 2021

**© 2021 MATHEUS ANDRÉ COUTINHO FERREIRA
TODOS DIREITOS RESERVADOS.**

**O autor aqui designado concede ao Programa de Pós-graduação em Gestão e Inovação em
Saúde da Universidade Federal do Rio Grande do Norte permissão para reproduzir, distribuir,
comunicar ao público, em papel ou meio eletrônico, esta obra, no todo ou em parte, nos termos
da Lei.**

Assinatura do Autor:

APROVADO POR:

Prof. Orientador Antônio Higor Freire de Moraes - Presidente

Prof. Jailton Carlos de Paiva – Examinador externo ao programa

Prof. João Paulo Queiroz dos Santos – Examinador Interno ao programa

Prof. Leonardo Judson Galvão de Lima – Examinador Externo ao programa

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por abençoar meu caminho e por ajudar a ultrapassar todos os obstáculos ao longo dessa trajetória.

Dedico esta conquista à minha família, em especial aos meus avós, Romualdo e Josete, à minha mãe, Karla, minhas tias, Karilany e Karol, a Marcelo e Gustavo, minha irmã Letícia, meus primos Pedro e João Vitor e a minha namorada Carol que desde sempre estiveram ao meu lado, apoiando e cuidando. Pessoas que jamais mediram esforços para tornar meus objetivos em realidade e sempre me aconselharam em momentos difíceis.

Sou grato ao Laboratório de Inovação Tecnológica em Saúde (LAIS) e ao Núcleo Avançado de Inovação Tecnológica (NAVI) do qual eu tenho orgulho de fazer parte e por toda a oportunidade de crescimento tanto profissional quanto pessoal.

RESUMO

Introdução: O Sistema Único de Saúde (SUS) tem na Atenção Primária à Saúde (APS) a ordenadora do cuidado em saúde dos usuários do SUS. Na área da saúde, a implementação e utilização de sistemas é singularmente crítica devido à precarização da infraestrutura, baixa informatização dos serviços e conseqüentemente a falta de informações para a tomada de decisão. **Problema:** Profissionais especializados e equipamentos de alto custo são imprescindíveis para a realização do diagnóstico. Na maioria dos serviços da APS, são inexistentes ferramentas adequadas para realização de triagem e início da investigação de doenças, a resolubilidade dos problemas atendidos nesse nível de cuidado é comprometida, ocasionando o efeito cascata nos setores responsáveis pelos problemas de média e alta complexidade. **Metodologia:** Baseou-se em parte do *framework Scrum* para o gerenciamento de projeto cuja finalidade foi promover a análise e acompanhamento do desenvolvimento de sistemas embarcados. Inicialmente foi realizado o levantamento de requisitos com profissionais das diversas áreas do conhecimento, no intuito de compreender as necessidades que o sistema deveria abordar, a prototipagem para validação dos requisitos, assim como para apresentar a identidade visual do projeto. Por fim, dando início a modelagem do banco de dados utilizando o sistema gerenciador de banco de dados PostgreSQL, a implementação da interface do usuário e análise dos sistemas embarcados. **Resultados e discussões:** O referido estudo forneceu subsídios para o desenvolvimento e análise de sistemas embarcados de alta especificidade, baixo custo e rápida execução, adequando-se aos critérios de aplicabilidade e escalabilidade para o Sistema Único de Saúde (SUS), além de possuir interoperabilidade com o prontuário eletrônico do paciente (PEP), garantindo a otimização da gestão de informação aos serviços públicos de saúde. **Conclusão:** Os sistemas embarcados desenvolvidos e analisados apresentaram benefícios relacionados ao diagnóstico, otimização do processo de acompanhamento ao longo da vida do paciente, geração de indicadores para tomada de decisão e redução de custos. Fato que contribui para indução de políticas públicas e ações do Ministério da Saúde.

Palavras Chaves: Sífilis, Câncer, miRNA, sistema embarcado, Diagnóstico auxiliado por sistemas

ABSTRACT

Introduction: The Unified Health System (SUS) has in Primary Health Care (PHC) the ordering of health care for SUS users. In the area of health, the implementation and use of systems is singularly critical due to the precariousness of infrastructure, low computerization of services and consequently the lack of information for decision making. **Problem:** Specialized professionals and high-cost equipment are essential for the diagnosis. In most PHC services, there are no adequate tools for screening and beginning of disease investigation, the resolution of the problems attended at this level of care is compromised, causing the cascading effect in the sectors responsible for the problems of medium and high complexity. **Methodology:** It was based in part on the Scrum framework for project management whose purpose was to promote the analysis and monitoring of the development of embedded systems. Initially, requirements were surveyed with professionals from various areas of knowledge, in order to understand the needs that the system should address, prototyping for validation of requirements, as well as to present the visual identity of the project. Finally, starting database modeling using the PostgreSQL database manager system, implementing the user interface and analyzing embedded systems. **Results and discussions:** This study provided support for the development and analysis of embedded systems of high specificity, low cost and rapid execution, in addition to the criteria of applicability and scalability for the Unified Health System (SUS), in addition to having interoperability with the patient's electronic medical record (PEP), ensuring the optimization of information management to public health services. **Conclusion:** The embedded systems developed and analyzed presented benefits related to diagnosis, optimization of the follow-up process throughout the patient's life, generation of indicators for decision making and cost reduction. This fact contributes to the induction of public policies and actions of the Ministry of Health.

Key Words: Syphilis, Cancer, miRNA, Embedded System, System-Aided Diagnosis

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Diagrama de blocos de um biossensor.....	9
Figura 2: Fluxograma da Metodologia Proposta	16
Figura 3: Visão geral do sistema embarcado do miRNA-Box.....	18
Figura 4: Diagrama de casos de uso.	20
Figura 5: Arquitetura do miRNA-Box.....	21
Figura 6: Arquitetura do dispositivo biomédico para detecção de miRNA.	23
Figura 7: Arquitetura da interface do sistema para detecção de miRNA.	24
Figura 8: Esquema ilustrativo de eletrodo impresso de carbono.	26
Figura 9: Arquitetura de dispositivo biomédico para diagnóstico de sífilis.	27
Figura 10: Arquitetura da interface do sistema para diagnóstico de sífilis.	28
Figura 11: Tela de login.....	29
Figura 12: Tela home.	30
Figura 13: Tela adicionar amostra.....	31
Figura 14: Tela inserir paciente.....	32
Figura 15: Tela visualização dos campos do registro.	33
Figura 16: Tela listagem dos pacientes do registro.....	34
Figura 17: Tela listagem de registros.	35
Figura 18: Tela informações do registro.....	35
Figura 19: Diagrama de componentes dos sistemas analisados.....	38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Classificação dos biossensores	10
Tabela 2: Parâmetros de comunicação entre sistema embarcado e PEP - miRNA baseado no status de conexão com a internet.....	21
Tabela 3: Análise comparativa entre os dispositivos biomédicos.....	37

LISTAS DE ABREVIATURAS E SIGLAS

API	<i>Application Programming Interface</i>
APS	Atenção Primária de Saúde
CSS	<i>Cascading Style Sheets</i>
DER	Diagrama Entidade Relacional
HL7 V3	<i>Health Level Seven Version 3</i>
HUOL	Hospital Universitário Onofre Lopes
HTML	Hypertext Markup Language
IFRN	Instituto Federal do Rio Grande do Norte
IHC	Interface Humano Computador
INCA	Instituto Nacional de Câncer
INPI	Instituto Nacional da Propriedade Industrial
IST	Infecção Sexualmente Transmissível
LAIS	Laboratório de Inovação Tecnológica em Saúde
LGPD	Lei Geral de Proteção aos Dados
LSPR	<i>Localized Surface Plasmon Resonance</i>
MVP	Mínimo Produto Viável
MS	Ministério da Saúde
NAVI	Núcleo Avançado de Inovação Tecnológica
NIST	<i>National Institute of Standards and Technology</i>
PBKDF2	Password-Based Key Derivation Function 2
PEP	Prontuário Eletrônico do Paciente
PH	Potencial Hidrogeniônico
PO	<i>Product Owner</i>
QCM	<i>Quartz-Crystal Microbalance</i>
RES	Registro Eletrônico de saúde
RIM	<i>Reference Information Model</i>
RNDS	Rede Nacional de Dados em Saúde
SGBD	Sistema Gerenciador de Banco de Dados
SI	Sistema de Informação
SUS	Sistema Único de Saúde
SPR	<i>Surface Plasmon Resonance</i>
TIC	Tecnologias da Informação e Comunicação
TISS	Troca de Informação de Saúde Suplementar
UBS	Unidade Básica de Saúde
UML	Unified Modeling Language
UFRN	Universidade Federal do Rio Grande do Norte

SUMÁRIO

RESUMO	I
ABSTRACT	II
LISTA DE FIGURAS	III
LISTA DE TABELAS	IV
LISTAS DE ABREVIATURAS E SIGLAS	V
1. INTRODUÇÃO	1
1.1 INSTITUIÇÃO DE PESQUISA: PROJETO SÍFILIS.....	2
1.2 INSTITUIÇÃO DE PESQUISA: PROJETO MIRNA.....	3
1.3 APRESENTAÇÃO DAS SESSÕES.....	4
2. OBJETIVOS	5
2.1 OBJETIVO GERAL.....	5
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	5
3. REFERENCIAL TEÓRICO	6
3.1 ESTUDO DE CASO SÍFILIS: UM ENTENDIMENTO SOBRE A DOENÇA E SEU IMPACTO NO ÂMBITO SOCIAL E ECONÔMICO.....	6
3.2 ESTUDO DE CASO CÂNCER: UM ENTENDIMENTO SOBRE A DOENÇA E SEU IMPACTO NO ÂMBITO SOCIAL E ECONÔMICO.....	7
3.3 BIOCENSORES.....	8
3.4 SISTEMAS EMBARCADOS NA SAÚDE.....	11
3.5 APLICAÇÕES <i>DESKTOP</i>	13
3.6 ANÁLISE DE REQUISITOS E DESIGN.....	14
4. MATERIAIS E MÉTODOS	16
4.1 OBTENÇÃO DE REQUISITOS.....	16
4.2 DEFINIÇÃO DE METODOLOGIA DE DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA EMBARCADO PARA AUXÍLIO NA DETECÇÃO DE MIRNA.....	17
4.3 ANÁLISE DE REQUISITOS DO SISTEMA EMBARCADO.....	17
4.4 MODELAGEM DO SISTEMA EMBARCADO.....	19
4.5 DESENVOLVIMENTO DA ARQUITETURA DO SISTEMA EMBARCADO DO MIRNA-Box.....	20
4.6 TECNOLOGIAS UTILIZADAS.....	22
4.6.1 Hardware.....	22
4.6.2 Sistema embarcado.....	23
4.7 ANÁLISE DA ARQUITETURA DO DISPOSITIVO BIOMÉDICO PARA DIAGNÓSTICO DE SÍFILIS.	25

4.7.1 Hardware.....	25
4.7.2 Sistema embarcado	27
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	28
5.1 TELAS E FUNCIONALIDADES	28
5.1.1 Tela de login.....	28
5.1.2 Tela <i>home</i>	29
5.1.3 Tela de adicionar amostra.....	30
5.1.4 Tela inserir paciente	31
5.1.5 Tela visualização dos campos do registro	32
5.1.6 Tela listagem dos pacientes do registro.....	33
5.1.7 Tela listagem de registros	34
5.2 ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE OS ESTUDOS DE CASO DE SÍFILIS E CÂNCER.....	35
6. O PRODUTO.....	39
7. CONCLUSÃO	40
7.1 IMPACTOS E CONTRIBUIÇÕES.....	40
7.2 TRABALHOS FUTUROS.....	41
8. REFERÊNCIAS.....	43
ANEXO A - DOCUMENTO DE VISÃO DE SISTEMA.....	54
ANEXO B - DOCUMENTO DE VISÃO DE NEGÓCIO	53
ANEXO C - DOCUMENTO DE REGRAS.....	58
ANEXO D - MODELO DE CASO DE USO.....	62
APÊNDICE A – CAPÍTULO DE LIVRO.....	65

1. INTRODUÇÃO

A Atenção Primária à Saúde (APS) exerce um papel fundamental no Sistema Único de Saúde (SUS), sendo esta uma organização dos serviços de saúde que atua de maneira assistencial no intuito de atender as necessidades da população (MACINKO; MENDONÇA, 2018). Na área da saúde, em especial na APS, a implementação e utilização de sistemas é singularmente crítica devido aos contínuos avanços da medicina, a necessidade de solucionar os problemas no curto espaço de tempo e os recursos disponíveis. Essa problemática é estendida devido à precarização da infraestrutura, baixa informatização dos serviços e conseqüentemente a falta de informações para a tomada de decisão (PINTO; SOUSA; FERLA, 2014). Atualmente, um dos principais pilares que garantem o funcionamento do sistema da APS são os agentes de saúde, os quais exercem suas atribuições com métodos manuais, sendo apenas os dados considerados como relevantes, digitalizados. Entretanto, ao surgir a necessidade de modificação em papel, implica-se em uma nova digitalização, ocasionando assim diversas inconsistências e redundâncias (PINTO JÚNIOR et al., 2011).

O apoio de medidas estratégicas para informatização dos processos na APS através do uso de Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC), implicaria diretamente na economicidade do SUS e na agilidade dos processos, sendo estes fundamentais para o armazenamento de dados que, por sua vez, ao serem inseridos em um contexto geram informações, e com a análise das informações é obtido o conhecimento para então ser tomada as melhores decisões, provendo assim uma assistência eficiente (DOS SANTOS et al., 2017).

Outro quesito de relevância relacionado com o desenvolvimento é a implementação de sistemas embarcados e a sua integração com o Prontuário Eletrônico do Paciente (PEP), auxiliando no diagnóstico, produzindo dados sobre as doenças do paciente e traçando seu perfil na sociedade, proporcionando ações especializadas, gerência do histórico clínico do paciente e realizando o acompanhamento ao longo da vida (CORTIZO, 2008). Estes sistemas com interoperabilidade já são uma realidade em serviços de saúde privados em todo país, possibilitando maior efetividade principalmente no tratamento de doenças, além dessas tecnologias serem utilizadas como ferramenta de tomada de decisão, colaborando assim para o uso racional dos recursos e por conseqüência, uma redução de custos (PINOCHET, 2011). Entretanto, a regulação desses parâmetros e a sua

implementação no SUS ainda é uma realidade distante. Na maioria dos serviços de APS, são inexistentes ferramentas adequadas para realização de triagem de agravos retardando a investigação de doenças e o adequado início do projeto terapêutico, conseqüentemente não se tem uma estratégia de busca ativa como política nacional e uma continuidade dos cuidados ao longo da vida do paciente (CARDOSO et al., 2021). Assim, a resolubilidade dos problemas atendidos nesse nível de cuidado é comprometida, ocasionando o efeito cascata nos setores responsáveis pelos problemas de média e alta complexidade.

Em consonância com a portaria nº 589 do Gabinete do Ministro do Ministério da Saúde, de 25 de maio de 2015 (BRASIL, 2015) a Estratégia de Saúde da Família apresentou um conceito que tem por objetivo promover a oferta de um serviço de saúde integral e aproximar os serviços de saúde do usuário do SUS. Fazendo assim, a adoção de tecnologias que aumentem a eficiência da APS proporcionando uma melhoria dos serviços, uma vez que ela é a porta de entrada dos serviços de saúde (SORATTO et al., 2015). Em contrapartida, é necessário levar em consideração que a incorporação de qualquer tecnologia na APS não deve extrapolar os orçamentos de saúde. Assim, torna-se relevante para os sistemas no âmbito da saúde que eles atendam aos preceitos de economicidade, escalabilidade e aplicabilidade, portanto, sendo de baixo custo e de fácil aceitação pelos profissionais da rede pública, devido a serem eles os operadores dos sistemas, tornando-os também os responsáveis pelo sucesso de sua implantação (GÖTTEMS; PIRES, 2009).

Nesse contexto, este trabalho teve por objetivo realizar o desenvolvimento e análise comparativa de sistemas embarcados para auxílio ao diagnóstico de sífilis e câncer na APS desenvolvidos em parceria entre o Laboratório de Inovação Tecnológica em Saúde (LAIS), da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), o Núcleo Avançado de Inovação Tecnológica (NAVI) do Instituto Federal do Rio Grande do Norte (IFRN) e o Ministério da Saúde. O propósito deste trabalho é aprimorar as técnicas das redes de testagem e diagnóstico relacionadas à essas doenças na APS, sendo estas, duas das principais doenças que impactam diretamente no quesito social e econômico da população mundial, afetando principalmente os países subdesenvolvidos e em desenvolvimento (CHEN, 2017; DOS SANTOS et al., 2020; WHO, 2017a).

1.1 Instituição de pesquisa: Projeto sífilis

O LAIS tem como objetivo a cidadania, o bem-estar social e o desenvolvimento da área da saúde no Brasil por meio de inovações tecnológicas. Iniciou-se com um seleto grupo de pesquisadores, que ao perceberem a importância de combinar os conhecimentos da área da Saúde, Engenharia, Tecnologia da Informação e Comunicação deram os primeiros passos na estruturação do laboratório. Iniciado desde março de 2011 no Hospital Universitário Onofre Lopes (HUOL), tornou-se o primeiro laboratório instalado em um hospital com o intuito de incentivar a inovação tecnológica na área da saúde. Atua em projetos com o foco em Informática em Saúde, Bioengenharia, Tecnologias Assistivas e Educação Permanente em Saúde. O trabalho realizado no LAIS não se restringe ao Rio Grande do Norte. Através de parcerias nacionais e internacionais, contribui para o crescimento do sistema de saúde do Brasil e qualidade de serviço para toda a população.

Arelado ao projeto "Pesquisa Aplicada para Integração Inteligente Orientada ao Fortalecimento das Redes de Atenção para Resposta Rápida à Sífilis", o LAIS propôs o desenvolvimento de um novo teste para diagnóstico de sífilis congênita com altos índices de sensibilidade e especificidade, a fim de atenuar o risco de falsos positivos e falsos negativos. Além disso, a utilização de tecnologias que atendem preceitos de escalabilidade e aplicabilidade tornam factível a incorporação nos protocolos clínicos do SUS, com possibilidade de ser adotado como política na APS. A base tecnológica para desenvolvimento do dispositivo biomédico consiste em um mecanismo eletroeletrônico potenciostato que realiza medições eletroquímicas em biossensores, sendo essas medições gerenciadas em diferentes fases do desenvolvimento através de um software de interface gráfica do usuário (CARDOSO, 2020a; CERQUEIRA, 2020).

1.2 Instituição de pesquisa: Projeto miRNA

No outro cenário, o NAVI é um laboratório voltado para o desenvolvimento de sistemas e tecnologias ligadas à inovação, que tem como objetivo promover ações que fomentem a ciência e a inovação de modo a criar conexões, oportunidades e fazer disso um instrumento de transformação e evolução da sociedade, tendo como base: desenvolver, propor, implementar, avaliar e aprimorar o conhecimento em tecnologia.

O laboratório traz como estratégia a inovação e a ciência como ponte entre tecnologias, engenharias e necessidades diárias. Junto com parceiros da indústria,

laboratórios de inovação nacionais e internacionais e agências de pesquisa governamentais.

O projeto "Estudo de Viabilidade de Dispositivo Biomédico para Detecção de Câncer Baseado em microRNA: Internacionalização do Complexo Industrial de Saúde" do NAVI em parceria com o LAIS e o Ministério da Saúde surge da intenção de obter dados quantificados de microRNAs (miRNAs), sendo miRNAs reguladores-chaves da expressão gênica, fato esse, que associa a interação dos miRNAs com o genoma e o aparecimento de doenças (MONROIG-BOSQUE; RIVERA; CALIN, 2015a; SMITH; MURRAY, 2012a). Garantindo ao projeto alta especificidade, baixo custo e rápida execução, gerando aplicabilidade e escalabilidade no SUS. Assim, a solução em desenvolvimento é um sistema embarcado utilizado em dispositivo biomédico a ser aplicado na APS para análise e auxílio ao diagnóstico de cânceres de mama, próstata e colo de útero, por meio da técnica de fotometria, apresentando interoperabilidade com o prontuário eletrônico do paciente (PEP).

1.3 Apresentação das sessões

A presente sessão introduz ao leitor a problemática abordada, o escopo do trabalho, os objetivos a serem atingidos e, a cooperação realizada no contexto do projeto. A sessão 2 apresenta o objetivo geral e específico alcançados durante a execução do trabalho. Na sessão 3 são apresentados os referenciais teóricos que foram utilizados para análise e desenvolvimento dos sistemas embarcados, de modo a contextualizar o leitor sobre alguns conceitos que definem o trabalho realizado. A sessão 4 descreve como foi realizada a aquisição dos requisitos do sistema, as tecnologias e métodos utilizados para realização da análise e desenvolvimento dos sistemas embarcados. Na sessão 5 são expostos os resultados obtidos e foi realizada uma discussão à respeito dos mesmos. A sessão 6 apresenta os produtos gerados, assim como os produtos que estão em fase de desenvolvimento. Por fim, na sessão 7 conclui-se o trabalho ao apresentar os impactos e contribuições, e ao enumerar os trabalhos futuros que podem agregar mais valor aos produtos desenvolvidos.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Realizar a modelagem e o desenvolvimento de sistema embarcado para auxílio ao diagnóstico de câncer de mama, próstata e colo de útero na Atenção Primária à Saúde e análise comparativa do sistema embarcado do dispositivo biomédico para auxílio ao diagnóstico de sífilis.

2.2 Objetivos Específicos

- Desenvolver uma interface gráfica de usuário que se comunique com software de controle do hardware de fotometria para apresentar as informações coletadas;
- Estruturar as informações coletadas dos exames para serem enviadas a blockchain do projeto miRNA;
- Definir protocolo de comunicação entre componentes de hardwares;
- Desenvolver banco de dados para armazenamento dos dados;
- Analisar a arquitetura do dispositivo biomédico para auxílio ao diagnóstico de câncer;
- Analisar a arquitetura do dispositivo biomédico para diagnóstico de sífilis;
- Realizar análise comparativa entre as arquiteturas de sistemas dos dispositivos biomédicos da sífilis e câncer.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Estudo de caso Sífilis: Um entendimento sobre a doença e seu impacto no âmbito social e econômico

A sífilis é uma Infecção Sexualmente Transmissível (IST) causada pela bactéria *Treponema pallidum*, podendo apresentar variadas manifestações clínicas e diferentes graus de infecção (sífilis primária, secundária, latente e terciária). Apesar de ser uma doença que possui cura sem deixar sequelas ao paciente a partir do diagnóstico e tratamento adequado, nos últimos anos países subdesenvolvidos ou em desenvolvimento apresentaram um aumento significativo de casos de sífilis (CHEN, 2017; DOS SANTOS et al., 2020; NEWMAN et al., 2015).

De acordo com dados da Organização Mundial da Saúde, estima-se que, em 2016, mais de 1 milhão de mulheres grávidas tiveram manifestações ativas da sífilis durante a gestação (WHO, 2018). Baseado nos dados do Ministério da Saúde (BRASIL, 2020), é notório o número crescente de sífilis adquirida entre os anos de 2010 a 2018 no Brasil. Sendo em 2010 a taxa de detecção de sífilis adquirida por 100.000 habitantes foi de 2,1 casos, já no ano de 2015 aferiu-se a taxa de 34,1 e no ano de 2018 mensurou-se o valor de 76,2 casos. Os números continuam alarmantes quando são analisados os indicadores de sífilis em gestantes, constando em 2010 o indicativo de 10.070 casos, alcançando seu ápice no ano de 2018 com o quantitativo de 63.182 casos. Esse fator é primordial para o aumento da sífilis congênita, que por sua vez aumentou de 6.963 para 26.531 nos anos de 2010 e 2018 respectivamente.

O diagnóstico da sífilis é confirmado através de resultados de testes treponêmicos e não treponêmicos. Sendo os treponêmicos, os que detectam anticorpos específicos contra os antígenos do *Treponema pallidum*, classificando-o de forma qualitativa. Enquanto o não treponêmico identifica a infecção de maneira indireta, através da presença de anticorpos não específicos do *Treponema pallidum*, porém presente na sífilis. Este, podendo ser classificado de forma qualitativa e quantitativa (KUBANOV; RUNINA; DERYABIN, 2017). Entretanto, a recorrência de erros cometidos pela falta de precisão no diagnóstico de sífilis e o custo gerado por esse fator são altos quando se tem a presença de falsos positivos ou falsos negativos. A presença de falsos positivos pode encadear um tratamento desnecessário ao paciente, onerando o SUS, enquanto os falsos negativos impactam diretamente o início do tratamento do paciente e fazem com que ocorra uma distorção do real número de casos (Brasil, 2010).

3.2 Estudo de caso Câncer: Um entendimento sobre a doença e seu impacto no âmbito social e econômico

Câncer é o nome que se dá a um conjunto de doenças que têm como característica em comum o crescimento anormal de células. Na maioria dos casos essas células anormais formam tumores sólidos, que invadem regiões vizinhas e podem se desprender e ir para outras partes do corpo (BURRELL et al., 2013; COOPER, 2008; SONG; MERAJVER; LI, 2015). Estima-se que até o ano de 2030 ocorram 24,6 milhões de novos casos e 13 milhões de óbitos relacionados aos variados tipos de câncer em todo o mundo (BRAY et al., 2012).

A Organização Mundial da Saúde estima que apenas o câncer cause 1,3 milhões de óbitos por ano, sendo a segunda principal causa de morte na maioria dos países da América. Um dos fatores principais para esse alto índice é a questão do diagnóstico em estágios mais avançados e a impossibilidade de receber tratamento, fato que aumenta o sofrimento do paciente e o levam a uma morte precoce (WHO, 2017). Associado com esses dados, o diagnóstico de câncer impacta diretamente o setor econômico mundial, com a junção dos sistemas de saúde e o déficit de produtividade de trabalhadores, espera-se que ocorra perdas de aproximadamente US \$1,16 trilhões de dólares anuais (WHO, 2017).

No ano de 2019, foram registrados pelo Instituto Nacional de Câncer (INCA), do Ministério da Saúde 15.983 óbitos de homens com câncer de próstata (Brasil, 2020). Com base nos dados do INCA, no Brasil a incidência estimada de variados tipos de câncer para 2020 em homens é de 225.980 casos, sendo que 65.840 é decorrente de neoplasias malignas localizada na próstata. Ou seja, a incidência de câncer de próstata é de aproximadamente 29,13%.

Entre as mulheres no ano de 2019, registrou-se 18.068 e 6.596 óbitos por câncer de mama e colo de útero, respectivamente. Sendo a incidência estimada dos variados tipos de câncer também elevada, apresentando 223.110 casos para o ano de 2020, sendo que os principais tipos de neoplasia são na mama com 66.280 e colo de útero com 16.710 casos. Desta forma, apresentando um percentual de aproximadamente 37,2% das incidências totais. (BRASIL,2020).

O diagnóstico de cânceres seja por exames de imagem, biópsias, mutações genéticas, entre outros, requer a presença de profissionais capacitados e

equipamentos de alto custo, dificultando a realização do diagnóstico precoce e consequentemente maior sobrevida dos pacientes.

O desenvolvimento de tecnologias e estratégias que atuam diretamente no diagnóstico precoce são determinantes para o tratamento do paciente. Atualmente, ferramentas moleculares ainda apresentam certas dificuldades nos quesitos de aplicabilidade e escalabilidade, devido principalmente ao seu alto custo e tempo de execução. Porém, com o uso de novas tecnologias, estamos avançando para superar essas adversidades (DE CASTRO JUNIOR; HARADA; DE MELLO, 2019).

Desta forma, várias soluções são investigadas para o aprimoramento do diagnóstico precoce de câncer. Uma dessas soluções são as análises de miRNAs, que são reguladores chave da expressão gênica. Outrossim, associando a interação dos miRNAs com o RNA mensageiro e a manifestação de doenças, verifica-se as diferenciações nos padrões da expressão dos miRNAs, se comparados com os tecidos saudáveis (MONROIG-BOSQUE; RIVERA; CALIN, 2015; GALVÃO-LIMA et al., 2021).

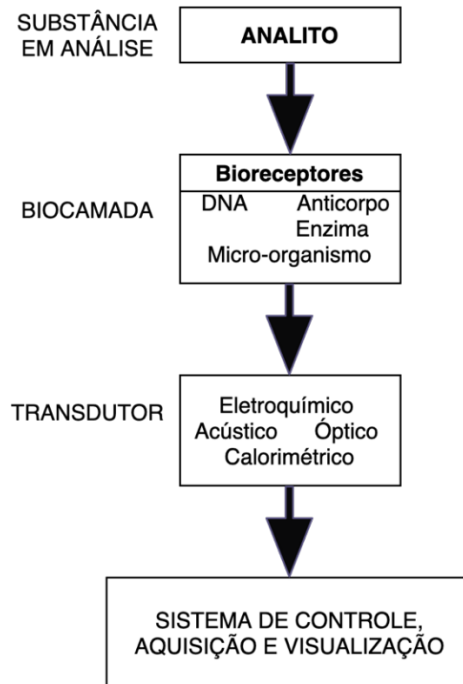
Devido às alterações ocorrerem apenas em nível molecular no estágio inicial dos diversos tipos de câncer, não é possível a identificação de qualquer sinal clínico ou marcador laboratorial com os métodos de diagnóstico convencional. Entretanto, ao utilizar ferramentas de biologia molecular de alta sensibilidade de detecção como o qPCR e *Multiplex miRNA profiling*, é possível identificar e explorar o potencial dos miRNAs como biomarcadores de doenças, no intuito de obter um direcionamento do diagnóstico e de maneira precoce (HAYES; PERUZZI; LAWLER, 2014).

3.3 Biossensores

Os biossensores são dispositivos que utilizam métodos analíticos, em conjunto com elementos de condicionamento e processamento de sinal elétrico para detecção de um determinado alvo, facilitando a troca a aquisição de informações com alta sensibilidade e especificidade. Eles são compostos por transdutores e uma biocamada, que é onde localizam-se os bioreceptores (**Figura 1**). O analito ao entrar em contato com a biocamada, ocasiona uma variação físico-química, que pode ser uma alteração na tensão de superfície, viscosidade, Potencial Hidrogeniônico (pH) e/ou variação de calor. Esse tipo de variação é mensurado pelo transdutor que são dispositivos utilizados em conversão de energia de uma natureza para outra. Assim, eles identificam os analitos e convertem o sinal biológico em sinal elétrico. Portanto,

os transdutores estão diretamente ligados à definição do tipo do biossensor (**Tabela 1**), Já o sistema de controle, aquisição e visualização é responsável por processar e estruturar esses dados com objetivo de informar ao operador se o analito foi detectado e qual a parcela presente (MOREIRA *et al.*, 2010).

Figura 1: Diagrama de blocos de um biossensor



Fonte:(MOREIRA *et al.*, 2010).

Tabela 1: Classificação dos biossensores

Tipos de Biossensores	Sistemas de transdução	Medição	Aplicações típicas
Eletroquímico	Amperométrico	Corrente	Substratos Enzimáticos
	Potenciométrico	Voltagem	Íons e espécies redox
	Condutimétrico	Condutância	Reações catalíticas
	Impdimétrico	Impedância	Imunossensores
Acústicos	Piezoelétricos	Massa	Gases voláteis
Ópticos	Fibras ópticas	Luminosidade	pH, enzimas
Calorimétricos	Termistores, diodos	Calor	Organelas, Vitaminas

Fonte: (AMADOR SALOMÃO, 2018).

Os biossensores eletroquímicos, atuam durante a biointeração e realizam a análise eletroquímica de acordo com os ganhos e perdas de elétrons, sendo este o princípio de funcionamento do estudo de caso do dispositivo biomédico aplicado ao diagnóstico de sífilis. Este biossensor se destaca devido as seguintes vantagens: Células eletroquímicas específicas de acordo com o grau de oxidação; resposta em curto espaço de tempo; ausência de tratamentos prévios na amostra e; instrumentação para o desenvolvimento desses biossensores serem de baixo custo (RONKAINEN; HALSALL; HEINEMAN, 2010).

Um quesito relevante do biossensor eletroquímico é a sua especificidade para a aplicação, podendo ocorrer variações no seu desenvolvimento, fato que influencia diretamente no limite de detecção da amostra. Os biossensores desenvolvidos com nano partículas de ouro reticulado e óxido de grafeno apresentam um limite de detecção de 78 aM e 72,5 nM respectivamente (CONGUR; EKSIN; ERDEM, 2018; TIAN et al., 2018). Enquanto, biossensores eletroquímicos desenvolvidos com eletrodo de carbono vítreo e nanopartículas de prata em polianilina com grafeno dopado em nitrogênio apresentam um limite de detecção de 0,313 pM e 0,2 fM (ASADZADEH-FIROUZABADI; ZARE, 2018; SALAHANDISH et al., 2018).

Os biossensores classificados como calorimétricos, conhecidos no mercado como termistores, se baseiam na detecção de calor gerado por reações. Porém, certa parcela do calor geralmente não é quantificada, ocasionando assim em uma menor sensibilidade (MAO et al., 2017).

Os biossensores acústicos, são aqueles que possuem transdutores piezoelétricos, que apresentam sensibilidade devido a alteração de massa e alta faixa de frequência. Portanto, ao imergir no meio de contato do analito, obtém-se um aumento da massa de quartzo e de maneira inversamente proporcional é verificado a diminuição da frequência de ressonância de um material. Este tipo de biossensor por possuir um tipo de sensor, Quartz-Crystal Microbalance (QCM), têm por característica realizar medições em baixas escalas, na faixa de nanogramas (JIN et al., 2017).

Já os biossensores ópticos, realizam a análise do analito através de alteração de luminosidade no sistema de reação biológica ou química. Comumente as variações observadas são referentes ao comprimento de onda, fluorescência, índice de refração e refletividade. Relacionando-os com outros biossensores que fazem uso de um sistema de transdução diferente, estes não necessitam de analitos ativos na biocamada e apresentam um tempo de resposta mais curto (JIN et al., 2016).

Atualmente, diversas técnicas são utilizadas para a detecção e quantificação de miRNAs, resultando em uma melhora significativa no diagnóstico de doenças complexas (LISMONT; DREESEN, 2012). Entre elas estão a Citometria de fluxo, microscopia de campo escuro, Ressonância Plasmônica de Superfície (do inglês, *Surface Plasmon Resonance*, SPR), Ressonância Plasmônica de Superfície Localizada (do inglês, *Localized Surface Plasmon Resonance*, LSPR), entre outras.

3.4 Sistemas embarcados na saúde

Sistemas embarcados é o conjunto de *software* e *hardware* dedicado para realizar uma atividade específica (CERQUEIRA et al., 2020). Apresentam uma unidade microcontroladora que é um computador em um único chip que possui diversos circuitos integrados (PENIDO; TRINDADE, 2013). Estão cada vez mais presentes, principalmente na área da saúde, podendo ser encontrado em diversos equipamentos, tais como: aparelhos de marca-passo, dispositivo de infusão de insulina e glicosímetro. De acordo com a relação inversamente proporcional, na medida em que o tamanho do chip e os processadores dos sistemas embarcados aplicados na saúde diminuem, a sua capacidade de inteligência e disponibilidades de

funções aumentam, permitindo a projectura de no futuro ocorrer o desenvolvimento de dispositivos minúsculos, porém com alta capacidade, podendo realizar o monitoramento e determinar o quadro situacional de vários pacientes de forma remota através de dispositivos móveis conectados a uma central de diagnóstico (BARROS; CAVALCANTE, 2015).

Com a rede mundial de computadores em constante ampliação, os sistemas embarcados tiveram que se adequar às necessidades, fazendo inclusive uso de tecnologias *web* na intenção de corroborar com a geração de dados e facilitar a troca de informações, sendo proveniente de dois fatores chaves, a interconexão e a interoperabilidade. Assim, padrões de barramento são cada vez mais discutidos nas empresas e na comunidade acadêmica (SAMPAIO, 2011).

O Governo Federal através do projeto Conecte SUS instituiu a Rede Nacional de Dados em Saúde (RNDS) que é a plataforma nacional de interoperabilidade de dados em saúde. Sendo o objetivo a promoção da troca de informação entre os pontos de Rede de Atenção à Saúde, permitindo a continuidade do cuidado nos setores público e privado. Sendo como perspectiva futura a constituição da *infovia* da saúde, como plataforma informacional segura e flexível, que facilitará o surgimento de novos serviços, inovação, pesquisa e desenvolvimento que favoreçam a população brasileira (Brasil, 2020).

Atualmente no âmbito da saúde, os principais padrões de interoperabilidade são o *Health Level Seven Version 3 (HL7 v3)* e *openEHR*. Sendo no Brasil adotado também a Troca de Informação de Saúde Suplementar que compõe o Registro Eletrônico de Saúde (RES), cuja sua função é de direcionar as medidas a serem adotadas no intuito de padronizar as iniciativas administrativas, auxiliando nas ações de avaliação e acompanhamento econômico, financeiro e assistencial das operadoras de planos privados de assistência à saúde (SILVIO; PIRES; PAULO BANDIERA-PAIVA III, 2014).

O HL7 é responsável por definir os padrões de integração, compartilhamento, troca e obtenção de informações médicas eletrônicas. Sendo esses padrões que definem a forma no qual a informação é empacotada e transmitida, através da linguagem, estrutura e dos formatos dos dados requeridos para a incorporação de sistemas interoperáveis (HL7, 2020). Na medida no qual foi evoluindo, desenvolveu-se a versão 3, no qual o principal componente é o *Reference Information Model (RIM)*,

um modelo relacional que apresenta diversas classes genéricas, dividindo-se em três classes principais: Ações, Entidades e Papéis (SANTOS, 2014).

Relacionado ao openEHR, o suporte no desenvolvimento abrange dois níveis. O primeiro o quesito de modelo de informação, especificando a forma no qual os dados serão armazenados nos Sistemas de Informação (SI). O segundo nível da arquitetura desse padrão se refere a definição dos arquétipos, sendo sua principal característica a compreensibilidade por parte dos profissionais das áreas de saúde e da tecnologia da informação. A estrutura desse arquétipo é classificada em três partes: cabeçalho, definição e a ontologia (openEHR, 2019)

O TISS diferencia-se dos demais por atuar com quatro tipos de padrões, sendo eles: Estruturação de dados, a qual aborda os formulários usados nos processos financeiros e de autorizações; Comunicação, o que se refere às mensagens eletrônicas e as solicitações de autorização para procedimentos médicos; Conteúdo semântico que aborda as terminologias utilizadas no processo de preenchimento dos formulários e; Segurança, que tem por objetivo atuar nos quesitos de confidencialidade e privacidade das informações (DIAS; COOK; FREIRE, 2011).

Por fim, salienta-se que os sistemas embarcados têm por característica apresentarem em seus requisitos de desenvolvimento a necessidade de análise de custo e tempo de desenvolvimento, assim como a eficiência do produto final. Sendo intrínseco dos sistemas embarcados o quesito de funcionalidade única e restrições de desenvolvimento baseado na especificação do projeto, avaliando-se principalmente o custo do sistema que não pode ser alto para não onerar o equipamento, o tempo de resposta que deve ser em tempo real ou o mais próximo e devem dissipar pouca potência, visando a economicidade da bateria ou na intenção de não necessitar de um sistema de refrigeração (BARROS; CAVALCANTE, 2015).

3.5 Aplicações *desktop*

Aplicações *desktop* são *softwares* que exibem interfaces gráficas aos usuários através dos gerenciadores de janelas dos sistemas operacionais sem a necessidade de estar conectado à rede, a um servidor ou a outro serviço. São singularmente vantajosos quando se é necessário acessar os componentes do sistema operacional e também do hardware (RIZO; ESPIRITO SANTO, 2020).

Comumente os sistemas *desktop* utilizam a arquitetura de *tiers*, como computação em nuvem, banco de dados, servidor *web*, entre outros. Assim, entende-

se que *tiers* são módulos que dividem fisicamente as partes do sistema, fazendo com que sejam executados e se comuniquem remotamente por meio da rede (SILVEIRA et al., 2011).

Atualmente, existe um grande direcionamento para o desenvolvimento de aplicações *desktop* utilizando tecnologias *web*, sendo o navegador que renderiza a interface do usuário com as aplicações nativas do sistema operacional (SCOCCIA; AUTILI, 2020). Melhorando assim sua usabilidade, interatividade e conseqüentemente sua aceitabilidade, além de ampliar as possibilidades de inserção de novas funcionalidades.

Desta forma, comumente têm-se utilizado no desenvolvimento de aplicações *desktop* as estruturas do *framework* Electron em conjunto com Node.JS, sendo ambas de código aberto que possuem uma API que permite que aplicativos da web sejam executados como nativos, além de ter interoperabilidade com os serviços de lojas de aplicativos das principais empresas do mercado (PAUL B. JENSEN, 2017)

Por utilizarem como base o navegador Chromium, conseguem renderizar o Hypertext Markup Language (HTML), Cascading Style Sheets (CSS) e o JavaScript em janelas nativas com instruções de processadores x86 e ARM (DIPIERRO, 2018), possuindo também acesso ao sistema de arquivos binários, manipulação de rede, criptografia, entre outros. Outro ponto relevante é a disponibilização através do Node.js de uma gama de bibliotecas, em especial a NPM, que facilita o gerenciamento de conflitos de forma inteligente, apresenta suporte para uma variedade de casos de uso, sendo mais usual para instalações e desenvolvimento de programas (MARDAN, 2015).

3.6 Análise de requisitos e design

Todos os *softwares*, possuem o objetivo de atender a uma necessidade, e a maneira com que ele atende a esse propósito é uma medida para o seu sucesso. A engenharia de requisitos, atua como identificador de necessidades a partir do seu público alvo (CARLOS EDUARDO VAZQUEZ; GUILHERME SIQUEIRA SIMÕES, 2016). No processo inicial, a licitação compreende a listagem dos requisitos, informando as características gerais e peculiaridades que o sistema deve possuir. Os requisitos podem ser divididos em duas classes, funcionais que é quando representam uma característica funcional que o sistema irá desempenhar, e não-funcionais, quando descrevem como o sistema irá se comportar após determinada ação, podendo

ser dividida em cinco etapas: identificação do problema, identificação das delimitações do projeto, identificação das solicitações do usuário, especificação do hardware e do software e análise. Estas identificações devem ser analisadas pelo cliente e otimizadas até que se aproxime dos requisitos idealizados. Durante a análise das restrições de projeto as restrições que podem afetar o projeto devem ser avaliadas incluindo as restrições internas e externas (KON et al., 2019).

Apesar de uma excelente análise de requisitos, ela não é o fator determinante para o sucesso do sistema. A aceitação tecnológica está diretamente associada ao uso ou resistência pelos usuários. Verificando-se a utilidade, facilidade e segurança de uso por parte do usuário, critérios relevantes para o sucesso do sistema (PINHO; FRANCO; MENDES, 2018). Por isso, é relevante considerar o design, no intuito de obter uma boa usabilidade e uma experiência rica ao usuário.

A usabilidade é definida como a facilidade de uso, enquanto a experiência do usuário é mensurada de maneira subjetiva, o qual é vinculada para uma imersão completa do indivíduo com o sistema, considerando seus pensamentos, sentimentos e percepções durante o uso (CURCIO et al., 2019).

Com o objetivo de compreender melhor os requisitos e proporcionar uma interface adequada à situação, são comumente utilizadas ferramentas de prototipagem. Sendo essas ferramentas de alta importância no momento de validação de requisitos junto ao cliente, evitando assim, erros que possam comprometer o desenvolvimento e aumentar o custo do projeto (CAO; ZIEBA; ELLIS, 2015).

4. MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia deste trabalho baseou-se no uso de técnicas do *framework Scrum* para o gerenciamento de projeto cuja finalidade foi promover a análise e acompanhamento do desenvolvimento de sistemas embarcados. Sendo realizado sete etapas, conforme **Figura 2**. Inicialmente foi realizado o levantamento de requisitos, no intuito de compreender as necessidades que o sistema deverá abordar. A partir disso, foi iniciada a prototipagem para validação dos requisitos, assim como para apresentar a identidade visual do projeto, visando proporcionar uma boa usabilidade e experiência ao usuário. Por fim, dando início a modelagem, implementação e análise dos sistemas embarcados.

Figura 2: Fluxograma da Metodologia Proposta



Fonte: Autoria própria.

4.1 Obtenção de requisitos

Foram realizadas dez reuniões semanais ao longo de três meses com os *Stakeholders*, que eram compostos por médicos, biomédicos, imunologistas, engenheiros e pesquisadores de diversas áreas do conhecimento. O objetivo foi obter informações relevantes sobre as necessidades dos usuários, do fluxo para realização do processo de preparo da amostra até a inserção no miRNA-Box, assim como a definição dos parâmetros que serão enviados para o PEP. Neste momento, foi

inicializado a documentação do sistema, buscando facilitar o entendimento da informação, simplificar a curva de aprendizado para futuras versões e minimizar as possibilidades de retrabalho, utilizou-se o modelo disponibilizado pelo Ministério da Saúde para desenvolver as seguintes documentações: visão de negócio; visão de sistema; documento de regras; especificação e modelo de caso uso. Podendo ser verificado na seção de apêndice deste trabalho.

4.2 Definição de metodologia de desenvolvimento do sistema embarcado para auxílio na detecção de miRNA

Para o desenvolvimento do sistema embarcado, foi utilizada uma adaptação da metodologia ágil baseada no *framework Scrum* associado com a metodologia de desenvolvimento de *software* do DATASUS. Sendo o *scrum* adepto das metodologias ágeis, de modo iterativo e incremental focado no valor gerado ao cliente. Além de estabelecer critérios para o desenvolvimento de software, o *Scrum* atua no processo no qual a equipe se estrutura para desenvolvê-lo de maneira flexível, desta forma, podendo ser compreendido como uma cultura organizacional (PONTES; ARTHAUD, 2019; RODRÍGUEZ et al., 2019; SATPATHY, 2017). Nesse modelo, o desenvolvimento ocorreu através de *Sprints*, no qual se tem por objetivo a entrega de um Mínimo Produto Viável (MVP) no fim de cada interação, a fim de agregar valor ao produto final.

Desta forma, o processo de desenvolvimento se deu por *Sprints* de 15 dias, tempo no qual era designado para a realização de atividades. A cada dia de uma *Sprint*, a equipe fazia uma breve reunião, denominada *Daily Scrum* cujo objetivo era disseminar o conhecimento a respeito das tarefas desenvolvidas no dia anterior, identificar impedimentos para então priorizar o trabalho do dia que se inicia. Ao fim dos 15 dias da *Sprint*, a equipe apresenta as funcionalidades desenvolvidas em uma *Sprint Review*. Após isso, ocorria uma nova reunião entre os membros de desenvolvimento e o PO para um novo planejamento. Reiniciando o ciclo de atividades.

4.3 Análise de requisitos do sistema embarcado

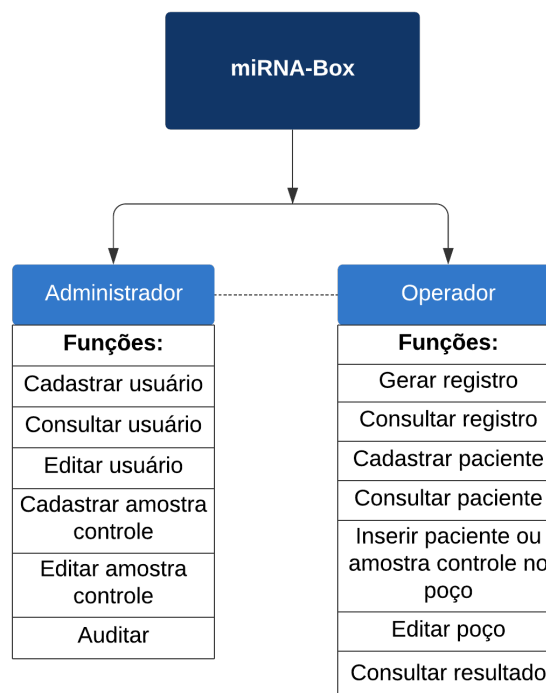
Nessa etapa foi realizado um estudo detalhado dos dados obtidos com o levantamento de requisitos, determinando assim os requisitos funcionais e não funcionais do sistema (**Apêndice A – Documento de Visão de Sistema**).

Nas unidades de saúde nem sempre os usuários do sistema necessitam realizar exames na capacidade máxima do miRNA-Box, sendo essa capacidade máxima equivalente à quantidade de poços existente na placa física (96 poços) a ser inserido no dispositivo biomédico. Portanto, pode-se configurar o miRNA-Box baseado na razão de proporcionalidade entre a quantidade de amostras de pacientes presentes na localidade e a quantidade de poços existentes em determinado registro. Justificado pela questão de economicidade e eficiência do sistema, pois não ocorrerá desperdício de reagente.

Foram definidos como atores do sistema os profissionais que irão possuir acesso ao miRNA-Box (administrador e operador), ambos obrigatoriamente profissionais da área da saúde (**Figura 3**).

Um dos pontos chaves do miRNA-Box é a questão da auditoria realizada periodicamente pelo administrador, na finalidade de melhorar a confiabilidade e a eficácia do sistema. Portanto, têm a rastreabilidade de todo o processo gerador de um determinado registro.

Figura 3: Visão geral do sistema embarcado do miRNA-Box.



Fonte: Autoria própria

Após essas definições, prosseguiu com a elaboração de um protótipo de média fidelidade e posteriormente um de alta fidelidade, por meio da ferramenta de prototipagem *Figma*. Os modelos foram apresentados aos *Stakeholders*, de forma a verificar se os requisitos estavam de acordo, apresentar a identidade visual do projeto, assim como verificar se o sistema proporciona uma boa usabilidade e experiência ao usuário.

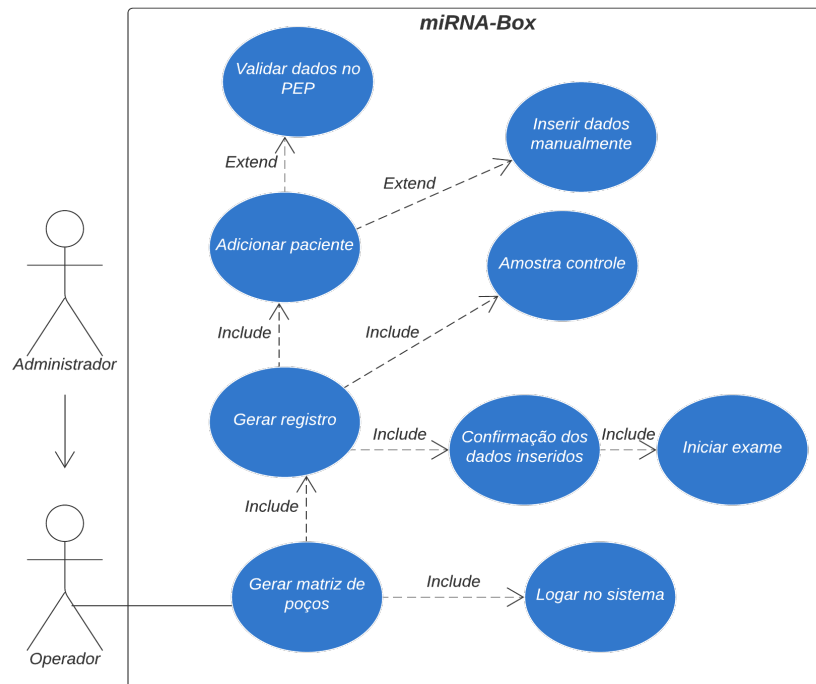
4.4 Modelagem do sistema embarcado

Para a modelagem do sistema foi utilizado a linguagem UML (do inglês, *Unified Modeling Language*), que possibilitou o desenvolvimento dos seguintes artefatos: visão de negócio; visão de sistema; documento de regras; especificação e modelo de caso uso. Sendo todos baseados nos modelos disponibilizados pelo Ministério da Saúde, objetivando a facilitação e a compreensão da informação sobre o sistema, simplificar a curva de aprendizado para futuras versões e minimizar as possibilidades de retrabalho. Podendo ser verificado na seção de apêndice deste trabalho.

Um dos artefatos desenvolvidos é o diagrama de casos de uso do sistema, que representa as maneiras como os atores do sistema irão utilizar as funcionalidades (**Figura 4**). Nesse diagrama, os atores são representados por bonecos (*Stickman*); os casos de uso, que especificam um conjunto de ações dos atores no sistema, são representados por elipses; e as interações entre atores e os casos de uso são representadas por uma linha pontilhada.

Os demais casos de uso do sistema assim como suas especificações podem ser verificados conforme **Apêndice D – Modelo de caso de uso**.

Figura 4: Diagrama de casos de uso.



Fonte: Autoria própria.

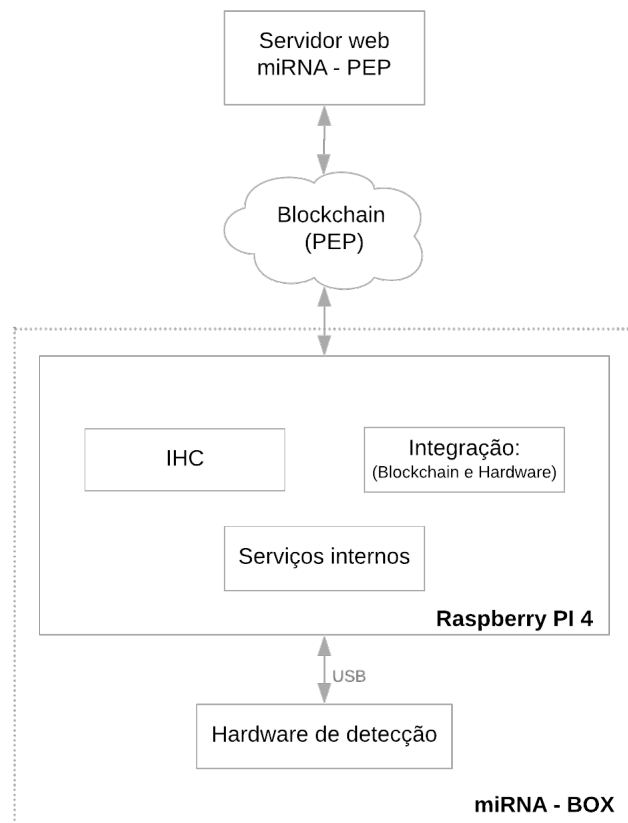
4.5 Desenvolvimento da arquitetura do sistema embarcado do miRNA-Box

O miRNA-Box é um dispositivo biomédico a ser aplicado na APS, na intenção de melhorar o processo de triagem de pacientes e proporcionar a redução de custos na área da saúde. Para isso, em sua arquitetura (**Figura 5**) utiliza-se de um minicomputador com um sistema de gestão no qual realiza: gestão de exames, usuários e amostras controles; armazenamento off-line para casos de falta de conectividade com a internet e consequentemente ausência de comunicação com o PEP e; comunicação com o hardware de detecção de miRNAs através do protocolo USB.

O sistema de gestão possui dois módulos, IHC que é a interface do sistema do qual o usuário irá interagir, inserindo dados do paciente, acionando o hardware de detecção e visualizando os resultados; e a integração que é responsável pela comunicação com o Blockchain do PEP-miRNA, onde será utilizado barramento de interoperabilidade com uso de protocolos *Open FHIR* e *HL7*. Nesta comunicação com o PEP será enviado através de um arquivo no formato *json* as informações coletadas do paciente assim como o resultado obtido do hardware de detecção. Este resultado será obtido através da comunicação entre o sistema embarcado e o hardware pela porta USB com um arquivo *json*, sendo presente neste a localização da amostra

biológica do paciente na matriz de poços e o resultado da detecção em milivolt. A diferenciação dos parâmetros enviados se dá pela ausência e presença de conectividade com a internet, sendo necessário enviar apenas o identificador do exame e o CPF do paciente em casos de presença de conexão com a rede, devido a confirmação das informações com o PEP serem realizadas no exato momento. Enquanto que na ausência de conexão com a rede, os dados são inseridos de forma manual e posteriormente são enviados para o PEP. Em casos de inconsistências das informações, o operador será notificado para que ocorra a verificação e posteriormente a edição do dado a respeito do paciente (**Tabela 2**).

Figura 5: Arquitetura do miRNA-Box.



Fonte: Autoria própria

Tabela 2: Parâmetros de comunicação entre sistema embarcado e PEP - miRNA baseado no status de conexão com a internet

Status de conexão com a internet	Dados a serem enviados	
	Dados adquiridos no sistema	Resultado coletado do hardware
Online	Identificador do exame	Localização da amostra na matriz de poços
	CPF do paciente	
Off-line	Nome completo do paciente	
	Identificador do exame	

	CPF do paciente	Valor de detecção em milivolts
	Sexo	
	Data de nascimento	
	CRM do profissional requisitante	
	CNS	
	Hospital requisitante	
	Estado	
	Cidade	

Fonte: Autoria própria

4.6 Tecnologias utilizadas

4.6.1 Hardware

Responsável pela detecção de miRNA através de biossensores ópticos, associados com a técnica de fotometria. Entretanto, não faz parte do escopo de desenvolvimento deste trabalho. Assim, foi realizado uma análise do funcionamento da arquitetura do dispositivo biomédico para detecção de miRNA (**Figura 6**). Desta forma, para detectar microRNA presente em uma solução, o miRNA-Box utiliza-se das propriedades luminosas do fluoróforo, previamente hibridizado com a amostra, contido na mesma solução.

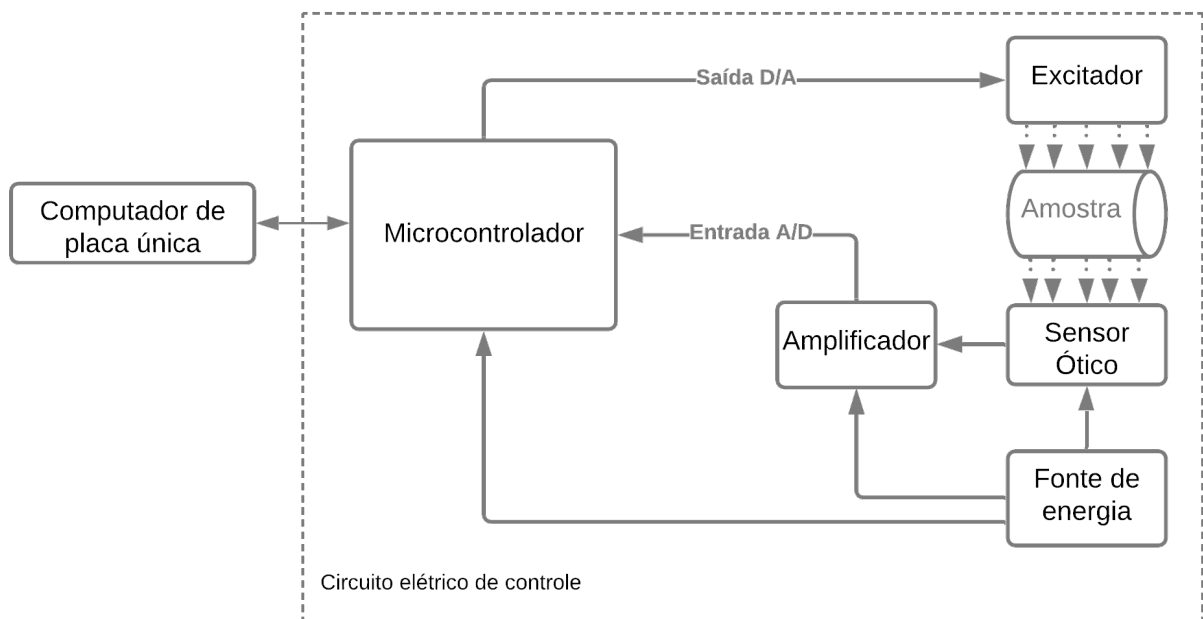
A característica desse composto é que ao receber energia luminosa com o comprimento de onda específico para ele, seus elétrons da camada de valência ganham energia e, após a excitação eles ficam instáveis e voltam à sua camada original, emitindo luz. Neste momento, o sensor óptico percebe a luz emitida pela solução e a quantifica.

O fluxo de funcionamento do dispositivo é dividido em 3 segmentos: excitar a solução, desligar a excitação e medir a quantidade de luz emitida apenas pela solução. Para isto, o miRNA-Box dispõe de uma caixa com compartimento totalmente vedado para não receber interferências luminosas externas no local onde são depositadas as amostras. O microcontrolador envia um sinal analógico de tensão, por meio de seu conversor digital-analógico, para um diodo emissor de luz posicionado sobre a solução, posteriormente o sinal é interrompido e a porta de entrada de um conversor analógico-digital do microcontrolador, ligada ao sensor óptico, é aberta para quantificar a luminosidade gerada.

O sensor óptico é um fotodiodo que controla a passagem de corrente elétrica dependendo, de forma diretamente proporcional, da quantidade de fótons recebida em sua superfície. Luminosidades muito baixas geram correntes muito baixas, assim

necessitando amplificar o sinal e convertê-lo. Para esta tarefa, o dispositivo utiliza um amplificador de transimpedância, baseado em um amplificador operacional, essa configuração de circuito permite amplificar um sinal em centenas de vezes e, converter corrente em tensão. A entrada do conversor analógico-digital recebe a informação sobre a tensão e o microcontrolador manipula o dado realizando os cálculos necessários.

Figura 6: Arquitetura do dispositivo biomédico para detecção de miRNA.

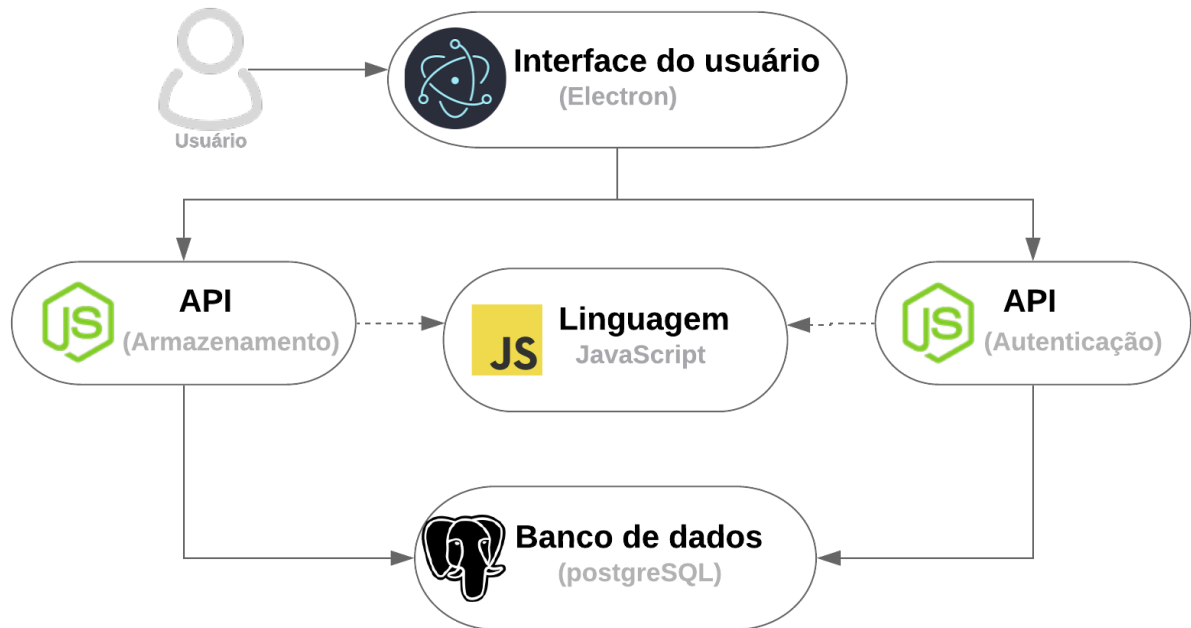


Fonte: Autoria própria

4.6.2 Sistema embarcado

Responsável pela interação do usuário com o dispositivo biomédico (**Figura 7**), no qual possui a estrutura dividida em dois segmentos: a *interface (frontend)* e a *API (do inglês, Application Programming Interface) (backend)*.

Figura 7: Arquitetura da interface do sistema para detecção de miRNA.



Fonte: Autoria própria.

A *interface* baseia-se na linguagem, de programação *JavaScript*, com a biblioteca *ReactJS* e o *framework Electron* que foram utilizados para aumentar a produtividade, ao mesmo tempo em que promove maior segurança para o sistema em desenvolvimento, sendo projetadas para o desenvolvimento de aplicações multiplataforma com linguagens baseadas na *web*.

O *Electron* em particular, é utilizado em aplicações de empresas de grande porte na área da tecnologia da informação, a título de exemplificação temos a *Microsoft* e o *Slack*. Relacionado à interface gráfica de usuário, o *Electron* foi utilizado pelo fato de permitir o desenvolvimento de uma interface rica, com recursos que são utilizados em sistemas *web*. Além do que, futuramente caso seja necessário implantar o sistema em alguma aplicação *desktop*, o software possuirá compatibilidade com as diferentes plataformas computacionais, pois permite gerar artefatos para o *Linux*, *macOS* e *Windows*.

Para a *API* utiliza-se a arquitetura *Restful* com a linguagem de programação *JavaScript*, com bibliotecas em *node.js* em especial o *knex* que é responsável pela conexão do banco de dados e interpretação das chamadas das funções para as *queries SQL*, aplicando-se a criptografia dos dados a partir do algoritmo *Password-Based Key Derivation Function 2 (PBKDF2)*.

Para a modelagem do banco de dados, etapa no qual são estruturadas as informações que serão armazenadas, consultadas, editadas ou até mesmo excluídas. Utilizou-se a ferramenta *DB diagram* e o sistema gerenciador de banco de dados (SGBD) foi o *PostgreSQL*.

O *GitLab* foi utilizado para o controle de versionamento dos arquivos necessários à aplicação. Para a escrita do código, optou-se pelo editor *Visual Studio Code*, devido a sua facilidade de uso e grande número de funcionalidades disponíveis. Além disso, o *Google Chrome* e o *Firefox* foram adotados como mecanismos para acompanhar os resultados do desenvolvimento.

O sistema embarcado faz uso de dois *hardwares*, sendo eles: Raspberry PI 4 que tem seu uso no intuito de implementar uma aplicação nativa; tela *touch* de 7" que tem o objetivo de realizar a visualização da *interface* gráfica do sistema.

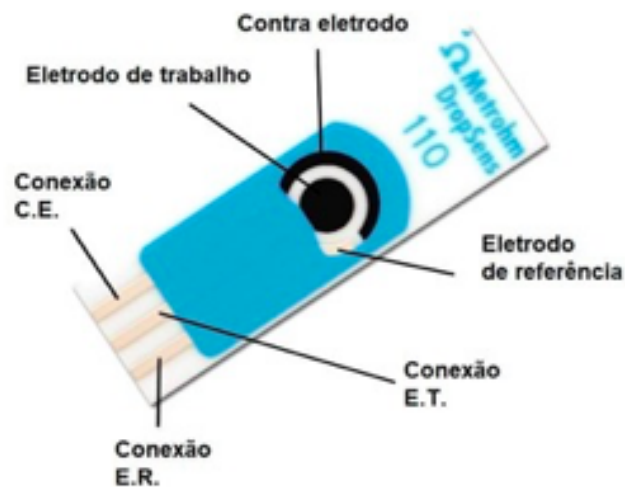
4.7 Análise da arquitetura do dispositivo biomédico para diagnóstico de sífilis.

4.7.1 Hardware

O dispositivo biomédico para diagnóstico de sífilis não fez parte do escopo de desenvolvimento deste trabalho, sendo realizado apenas sua análise. Assim, é constituído por um eletrodo, circuito eletrônico de controle e o computador de placa única.

A composição do eletrodo se dá pela presença dos seguintes elementos: três contra eletrodos, três eletrodos de trabalho e um eletrodo de referência. De acordo com a **Figura 8**, a solução biológica é depositada no biossensor de maneira que o contra eletrodo possa injetar uma tensão e o referencial mensure o valor de tensão, de forma que o eletrodo de trabalho afere a corrente elétrica presente na solução depositada.

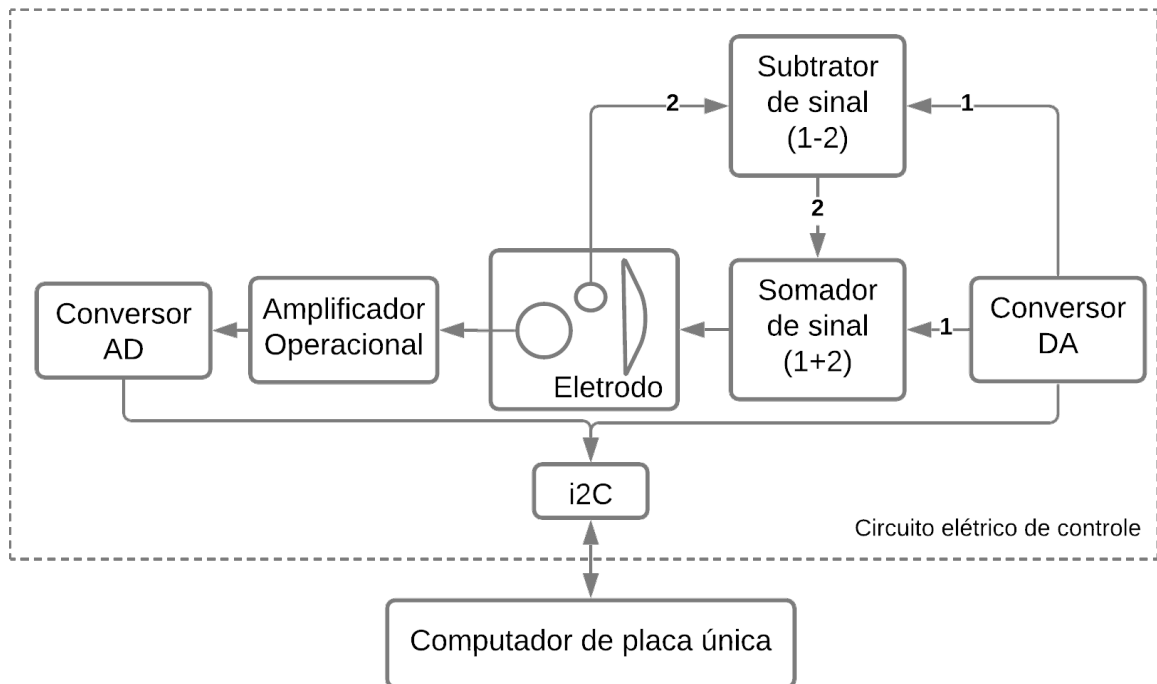
Figura 8: Esquema ilustrativo de eletrodo impresso de carbono.



Fonte: dropsens.com

O circuito eletrônico de controle tem por finalidade ler e controlar o eletrodo, para isso, possui os seguintes componentes em sua estrutura: um conversor de sinal digital-analógico que é responsável por converter o sinal emitido pelo computador de placa única; O subtraidor de sinal, que realiza a operação de diferença entre o valor de tensão inserida e o valor mensurado pelo eletrodo de referência e; O somador de sinal, que atua para integralizar a entrada disponibilizada pelo conversor digital-analógico com o resultado do subtraidor, sendo o resultado aplicado no contra eletrodo. Esta forma de atuação visa a auto regulação, fazendo com que o sistema busque sempre a uniformização de acordo com os parâmetros de entrada. Ao fim do processo, é empregado um amplificador operacional no eletrodo de trabalho, o conversor analógico-digital que é responsável pela conversão do sinal amplificado e o barramento de comunicação com a interface do sistema, essa comunicação realizando-se através do protocolo i2C (**Figura 9**) (CARDOSO, 2020b).

Figura 9: Arquitetura de dispositivo biomédico para diagnóstico de sífilis.



Fonte:(CARDOSO, 2020b)

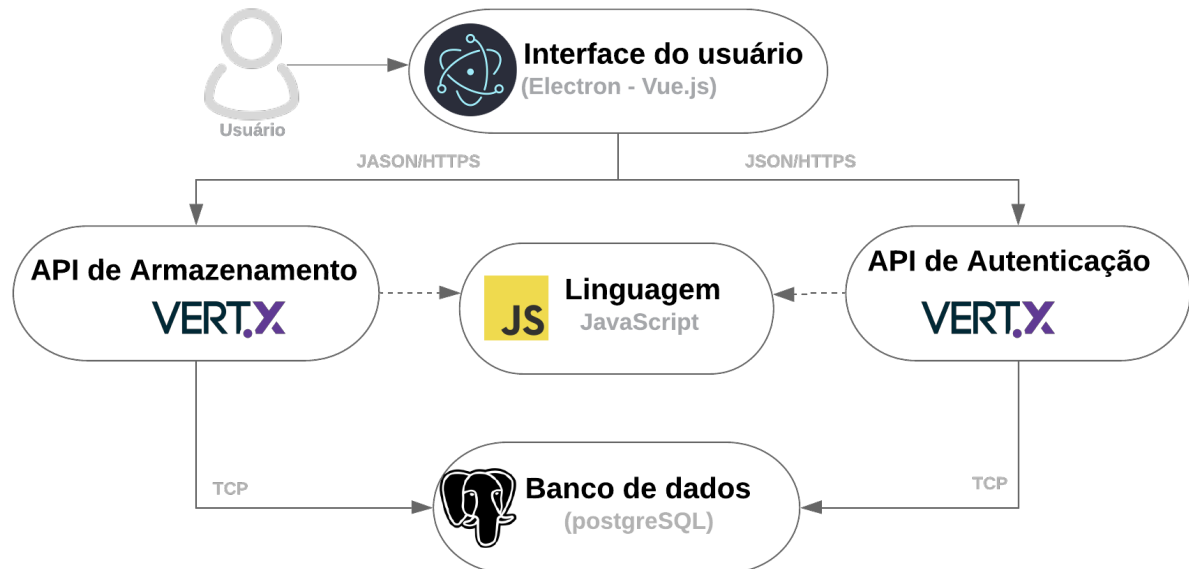
4.7.2 Sistema embarcado

A interface do usuário por ser desenvolvida com o *framework Electron* possui compatibilidade com as diferentes plataformas computacionais, no propósito de facilitar o processo de implantação. É através dela que o usuário interage com o sistema, realizando sua autenticação, controlando o potenciostato com a inserção dos parâmetros de entrada e visualizando os resultados através de um gráfico denominado voltamograma. Atendendo sempre aos requisitos de usabilidade e experiência dos usuários (**Figura 10**).

Na interação inicial entre usuário e sistema necessita-se da autenticação, fazendo assim o uso de uma API que verifica se as credenciais informadas estão corretas, gerando desta maneira o *token* de acesso ao sistema. No momento de execução do exame a API de armazenamento atua na coleta das informações geradas, verificando se o token é válido, para então inserir os registros no banco de dados. Por sua vez, o banco de dados com o SGBD postgresSQL armazena os dados dos exames, atendendo aos critérios de robustez, integridade e durabilidade com estilo arquitetural *Restful*. Relacionado às tecnologias empregadas, destaca-se o uso do *Vue.js* para o desenvolvimento da parte visual do sistema, o *Vert.x* que permite a

execução de várias tarefas de maneira concorrente e o algoritmo PBKDF2 para a criptografia dos dados armazenados (CERQUEIRA, 2020b).

Figura 10: Arquitetura da interface do sistema para diagnóstico de sífilis.



Fonte: (CERQUEIRA, 2020b)

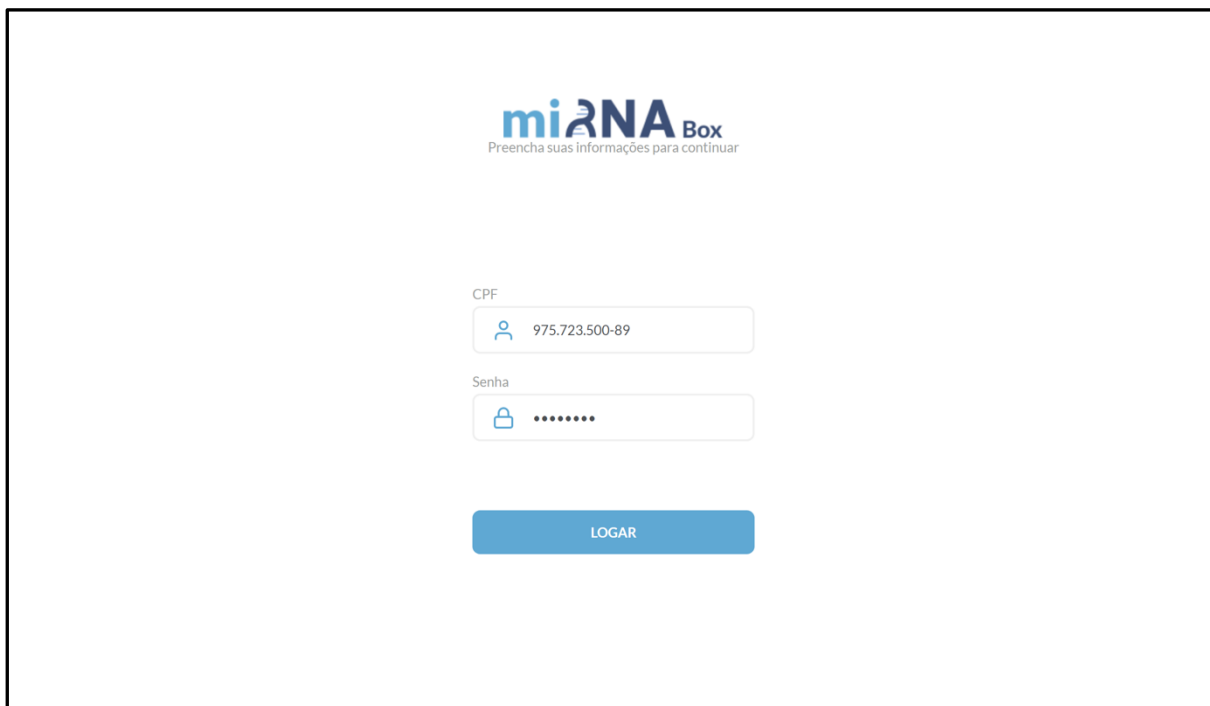
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Telas e funcionalidades

Nesta sessão, serão apresentadas as telas e as principais funcionalidades desenvolvidas do sistema embarcado do dispositivo biomédico para auxílio ao diagnóstico de câncer de mama, próstata e colo de útero.

5.1.1 Tela de login

Efetuar a autenticação é obrigatório a todos os usuários que deseja entrar no sistema. O usuário precisa informar seu CPF e sua senha cadastrados previamente a partir de um usuário administrador. O intuito de implementá-la está em prevenir que indivíduos não autorizados tenham acesso a informações sensíveis. Outro fator de relevância se diz respeito aos níveis de acesso presente no sistema (**Figura 11**).

Figura 11: Tela de *login*.

A tela de login do sistema **miRNA Box** apresenta o seguinte layout:

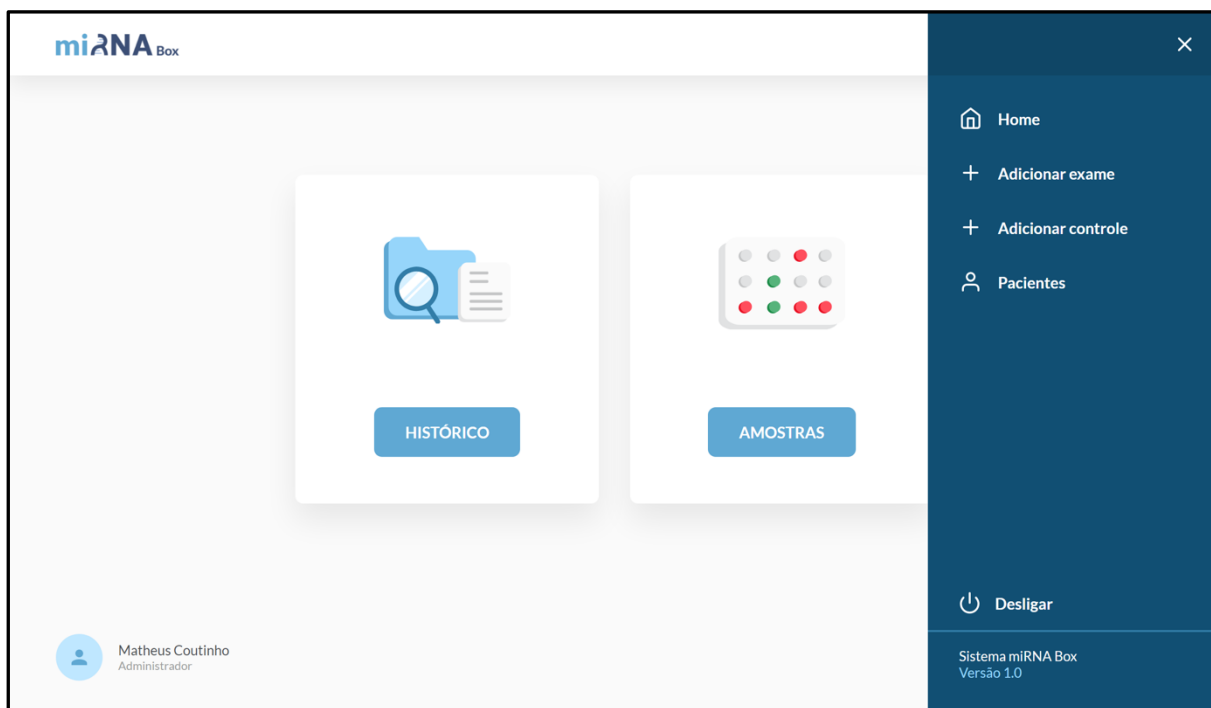
- Logo **miRNA Box** com o subtítulo "Preencha suas informações para continuar".
- Formulário de entrada de dados com os seguintes campos:
 - CPF: Campo com ícone de pessoa e o valor "975.723.500-89".
 - Senha: Campo com ícone de cadeado e caracteres ocultos por pontos.
- Botão de ação "LOGAR" em azul.

Fonte: Autoria própria

5.1.2 Tela *home*

A tela *home* (**Figura 12**), proporciona ao usuário *logado* uma visão sistemática das principais funcionalidades disponíveis de acordo com a sua permissão no sistema, facilitando o processo de tomada de decisão. Além de exibir o *status* atual de conectividade do dispositivo biomédico com a *internet*. Em todas as telas, foi empregado um menu vertical no qual o usuário poderá retornar para a tela inicial e desligar o dispositivo.

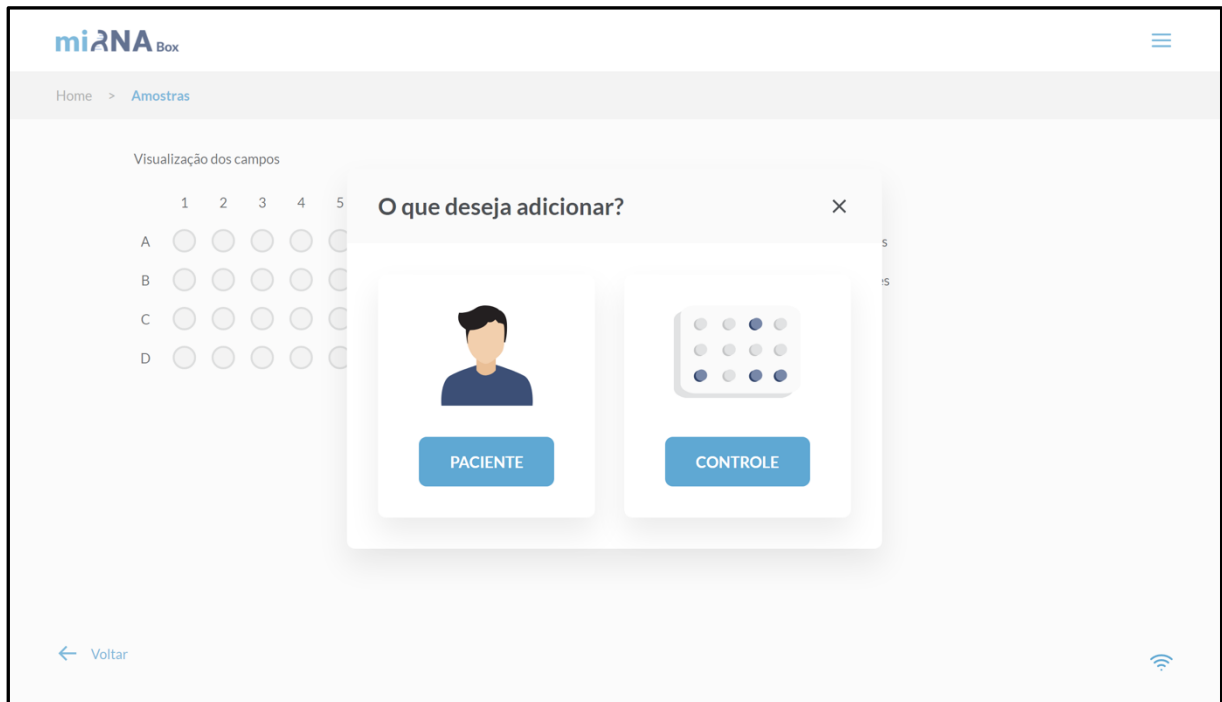
Figura 12: Tela home.



Fonte: Autoria própria

5.1.3 Tela de adicionar amostra

Ao clicar em amostras (**Figura 12**), será solicitado ao usuário para inserir a quantidade de linhas e colunas para a geração da matriz de poços. O tamanho da matriz será determinado de acordo com a quantidade de amostras de pacientes a serem analisados na localidade. Sendo o poço, o local no qual é inserido as amostras de miRNA dos pacientes e as amostras controles (**Figura 13**), que são reagentes inertes no qual se conhece o comportamento baseado na literatura. Os controles serão pré-cadastrados pelo usuário administrador, ficando dessa forma disponível ao usuário operador através de uma listagem, para então ser realizado a seleção e inserção de uma amostra controle em um poço.

Figura 13: Tela adicionar amostra.

Fonte: Autoria própria

5.1.4 Tela inserir paciente

Ao selecionar para adicionar um paciente em um poço (**Figura 13**), será solicitado o preenchimento de duas informações: CPF e número da requisição. Essas informações serão enviadas e checadas no PEP, através de uma API. Em caso de equivalência entre os dados enviados e os já existentes no PEP, o paciente será inserido no poço. Entretanto, caso os dados inseridos sejam inválidos, a inserção do paciente no poço será negada. Como uma das propostas do miRNA-Box é possuir aplicabilidade, foi projetado para que em casos de falta de conectividade com a internet, seja possível adicionar um paciente de forma manual e armazenar esses dados (**Figura 14**), até que em momento de reestabelecimento de conexão, seja enviado as informações para o PEP. Garantindo assim, que o miRNA-Box possa ser utilizado em áreas remotas.

Figura 14: Tela inserir paciente.

miRNA_{Box}

Home > Amostras > Adicionar paciente > Dados do paciente

Dados do paciente

Nome do paciente: Daniel Barbosa de Souza

Nº da solicitação: 3262523

CPF: 751.071.870-80

CRM do profissional requisitante: 95235

CNS: 796352

Hospital requisitante: HUOL

Estado: Rio Grande do Norte

Sexo: Masculino

Data de nascimento: mm/dd/yyyy

Cidade: Natal

GRAVAS DADOS

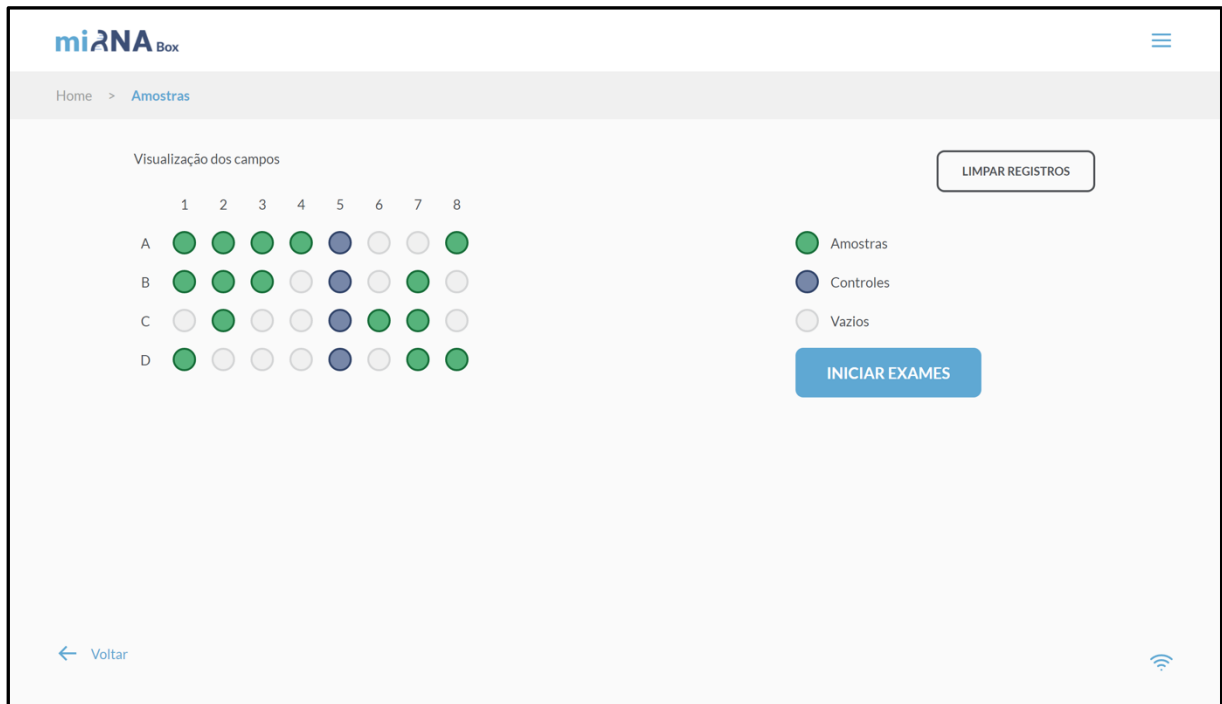
← Voltar

Fonte: Autoria própria

5.1.5 Tela visualização dos campos do registro

Na medida no qual vai inserindo pacientes e/ou amostras de controle, é possível visualizar a sua distribuição nos poços da matriz (**Figura 15**). Ao selecionar um poço, será exibido de forma prévia o que contém nele, se for um paciente será exposto o seu nome e o nome do requisitante, caso seja uma amostra de controle será especificado do que se trata.

Figura 15: Tela visualização dos campos do registro.



Fonte: Autoria própria

5.1.6 Tela listagem dos pacientes do registro

Ao finalizar o cadastro de todos os pacientes e amostras controles na matriz de poços, será exibido uma listagem contendo todos os pacientes inseridos nesse registro **(Figura 16)**. Como um paciente pode estar presente em um ou mais poços, caso deseje visualizar a localização das amostras de miRNA desse paciente distribuídas nos poços basta selecioná-lo, que será exibido uma tela contendo a matriz gerada anteriormente, com destaque apenas nos poços no qual o paciente foi cadastrado, assim como será possível ter acesso a todos os dados do paciente.

Figura 16: Tela listagem dos pacientes do registro.

miRNA_{Box}

Home > Amostras > Iniciar exames

Listagem de exames do dia 13/07/2021

Nº Registro	Nome	CPF
9	Daniel Barbosa de Souza	103.492.427-99
9	Luan Guilherme	671.271.020-07
9	Tiago Gomes	668.115.170-18
9	Luan Guilherme	248.516.780-02
9	Cátia Damasceno	828.016.000-08

INICIAR EXAMES

← Voltar

Fonte: Autoria própria

5.1.7 Tela listagem de registros

O quesito de rastreabilidade dos processos se faz presente no sistema embarcado do miRNA-Box, devido a importância dos dados utilizados no sistema. Sendo assim, é possível verificar todo o histórico de registros finalizados, assim como o operador responsável por manipular essas informações no dia (**Figura 17**). Caso seja necessário aprofundar as informações sobre determinado registro, ao selecioná-lo, será exibido mais detalhes (**Figura 18**), como: os dados cadastrados no sistema sobre o usuário responsável; as opções de visualizar como se deu a distribuição de amostras de pacientes e controles na matriz de poços, no qual ao selecionar um poço será exibido informações prévias sobre ele; e a listagem apenas de pacientes, podendo selecionar um paciente para que seja exibido todos dados sobre ele assim como a sua localização na matriz de poços.

Figura 17: Tela listagem de registros.

miRNA Box

Home > Histórico de registros

Listagem do histórico de registros

Pesquise aqui...

Nº Registro	Operador	Data	Horário
4	Jadson Raphael	16/06/2021	07:02:15
3	Jadson Raphael	16/06/2021	07:01:41
2	Jadson Raphael	16/06/2021	06:49:58
1	Daniel Souza	16/06/2021	06:06:09

< Anterior 1 2 Próximo >

← Voltar

Fonte: Autoria própria


Figura 18: Tela informações do registro.

miRNA Box

Home > Histórico de registros > Registro 4


Informações do registro 4


Operador


 Jadson Raphael


CPF
102.231.200-65

E-mail
jadson.rafael@navi.ifrn.edu.br

Data
 16/06/2021

Horário
 07:02:15

 Pacientes

 Amostras

← Voltar

Fonte: Autoria própria

5.2 Análise comparativa entre os estudos de caso de sífilis e câncer

Apesar de serem doenças distintas e necessitarem de abordagens tecnológicas diferentes, a sífilis e o câncer possuem pontos de congruência. Tais

como a capacidade de causar fortes impactos no âmbito social e econômico em escala global.

No estudo de caso do dispositivo biomédico para o diagnóstico de sífilis, o mesmo faz uso de eletrodos descartáveis que devem ser usados para execução de um único exame, contendo em cada eletrodo um nano composto, no desígnio de identificar e potencializar o sinal proveniente das reações eletroquímicas. Sendo necessário apenas a extração da amostra biológica do paciente a ser analisado, a acomodação dessa amostra no eletrodo de trabalho e o acionamento através da interface do usuário para a execução do processo.

Enquanto a tecnologia empregada no dispositivo de detecção de miRNA é baseado em um sistema de transdução diferente, sendo este o óptico. Assim, para realizar a detecção do miRNA é necessário utilizar um fluoróforo, este previamente hibridizado, para que após a excitação, ocorra a emissão de luz e o sensor realize a quantificação. Portanto, neste processo é necessário um tratamento inicial na amostra biológica do paciente, para então ser realizado a aplicação das amostras em uma placa padrão contendo 96 poços, sendo cada poço destinado a uma amostra, para assim ser inserido no miRNA-Box e através da interface do usuário ser inicializado o processo. Diante disso, é possível analisar mais de um paciente por execução, fato que está ligado a um dos requisitos essenciais para os dispositivos biomédicos que é a agilidade do processo.

Analisando às arquiteturas dos dispositivos biomédicos, verifica-se os pontos de convergência e divergência, tais como o tipo de biossensor empregado em cada dispositivo, protocolos de comunicação e funcionalidades (**Tabela 3**). No âmbito de sistemas, destaca-se a arquitetura destes dispositivos alterando-se algumas tecnologias empregadas nas API de armazenamento e de autenticação. Portanto, após análise é possível verificar que ambas apresentam uma arquitetura de componentes composta por uma interface gráfica que visa o acionamento do hardware através de protocolos de comunicação para a execução dos experimentos e o envio dos dados obtidos para um sistema de armazenamento remoto que armazena as informações de forma segura, por meio de um serviço web, sendo neste presente os módulos lógicos e visuais. O módulo lógico é responsável pelo tratamento e armazenamento dos dados de acordo com as regras de negócio, assim como dividir os níveis de acesso dos usuários. Enquanto o módulo visual atua na responsividade

e interação do usuário no sistema. A arquitetura também possui a camada de serviços internos que é segmentada em componentes diferentes, atuando desde a autenticação do usuário no sistema até as requisições no SGBD (**Figura 19**).

A presença do banco de dados interno está ligada com o propósito de salvar os *logs* dos procedimentos realizados, permitindo assim uma futura auditoria, além disso, no sistema embarcado para detecção de miRNA tem também por função de garantir que em ausência de internet ou presença de algum problema na infraestrutura, não influencie no processo, fazendo com que os dados não sejam enviados para o PEP. Assim, os dados estarão seguros e serão enviados posteriormente, quando o problema de conexão for sanado. Fato este que colabora com a inserção dos dispositivos nos quesitos de aplicabilidade e escalabilidade do SUS, visto que por não necessitarem de internet no momento da execução, podem abranger áreas mais remotas.

No âmbito da segurança, ambos os sistemas utilizam o sistema de criptografia para armazenar a senha dos usuários. A função utilizada pelos sistemas é a PBKDF2, a qual é recomendada pelo Instituto Nacional de Padrões e Tecnologia (NIST) dos Estados Unidos da América. Sendo esta responsável por implementar determinadas rotinas de proteção contra ataques de dicionário, além de gerenciar o número de interações do processo de criptografia, dificultando assim o ataque de força bruta, conhecido por tentativa e erro. Além dessa função, os sistemas embarcados em análise exigem uma quantidade mínima de caracteres e a presença de letra maiúscula, o que corrobora com o aumento da entropia das senhas e implica no aumento da dificuldade de sua quebra. Portanto, destaca-se a importância desses critérios para a manutenção e garantia da integridade dos dados que serão armazenados nos serviços da APS.

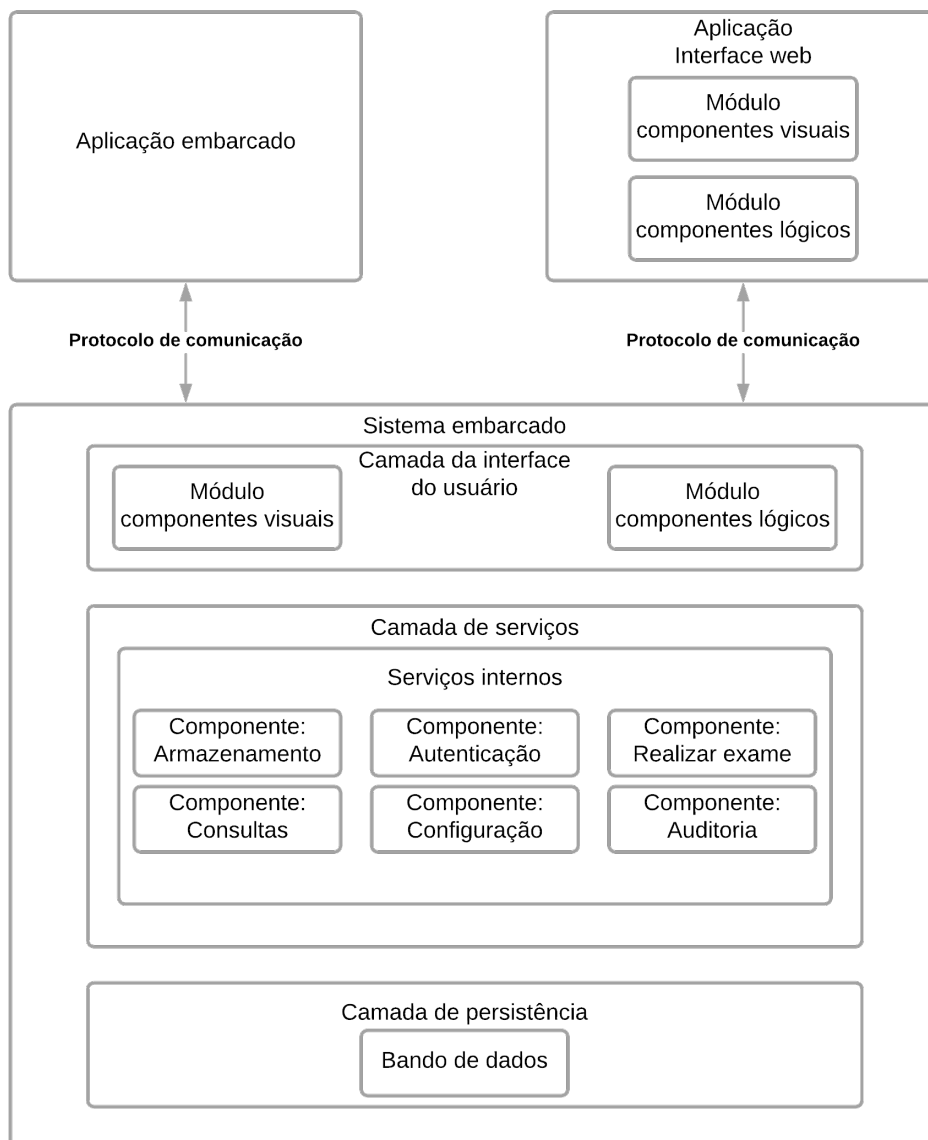
Tabela 3: Análise comparativa entre os dispositivos biomédicos.

Funcionalidades	Dispositivos Biomédicos:	
	Sífilis	Câncer
Biossensor óptico		✓
Biossensor eletroquímico	✓	
Comunicação com sistema embarcado de baixo nível	✓	✓
Protocolo de comunicação USB		✓

Protocolo de comunicação I ² C	✓	
Comunicação com interface web	✓	✓
Camada de interface do usuário	✓	✓
Componente de autenticação	✓	✓
Controle de nível de acesso		✓
Componente de armazenamento	✓	✓
Sistema gerenciador de banco de dados	✓	✓
Funcionamento off-line		✓
Representação gráfica do resultado	✓	

Fonte: Autoria própria

Figura 19: Diagrama de componentes dos sistemas analisados.



Fonte: Autoria própria

Destaca-se que ambos os sistemas embarcados fazem a comunicação com o PEP, sendo de suma importância para o acompanhamento da evolução dos pacientes e do registro dos tratamentos empregados. Atualmente, a maioria das instituições de saúde possuem suas próprias estruturas de armazenamento, fato que dificulta a comunicação entre os sistemas e ocasiona a duplicidade ou até mesmo a discrepância da informação. Entretanto, com a Lei Geral de Proteção de dados Pessoais (Lei nº 13.079, de 14 de agosto de 2018) e a Lei a respeito da digitalização e utilização de sistemas informatizados para o armazenamento e manipulação de prontuário de paciente (Lei nº 13.787, de 27 de dezembro de 2018) demonstram que o marco regulatório brasileiro está conferindo uma maior privacidade e proteção aos dados sensíveis do paciente, fato este que enquadra o alinhamento de perspectiva de desenvolvimento do Brasil nesse âmbito com as tecnologias aqui analisadas.

6. O PRODUTO

01-Software

Sistema embarcado utilizado em dispositivo biomédico desenvolvido pelo Núcleo Avançado de Inovação Tecnológica (NAVI) em parceria com o Laboratório de Inovação Tecnológica em Saúde (LAIS) e o Ministério da Saúde a ser aplicado na Atenção Primária à Saúde (APS) para análise e auxílio ao diagnóstico de cânceres de mama, próstata e colo de útero, através de biomarcadores de miRNA.

02-Protocolo de integração entre miRNA-Box e PEP-miRNA

Protocolo informacional, no qual o barramento de interoperabilidade faz uso de protocolos *Open FHIR* e *HL7* no propósito de disponibilizar serviços integrados, tais como: Verificação de exames pendentes; segurança de dados sensíveis e; histórico clínico do paciente.

03-Capítulo de livro

DE MORAIS, Antônio Higor Freire; DE CARVALHO, Dionísio Dias Aires; DE LIMA, Leonardo Judson Galvão; FERREIRA, Matheus André Coutinho. Prontuário eletrônico do paciente com câncer e sistemas embarcados. In: DE MORAIS, Antônio Higor Freire; DA SILVA, Janaína Luana Rodrigues; DOS SANTOS, João Paulo Queiroz; COSTA, Leandro Silva. **PRONTUÁRIO**

ELETRÔNICO DE PACIENTES NA ATENÇÃO PRIMÁRIA UMA ABORDAGEM À LUZ DA SAÚDE GLOBAL. SEDIS-UFRN ed. [s.l.]: Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2021, (144-189). Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/32056>. Acesso em: 2 jun. 2021.

Ademais, encontra-se em processo de submissão ao INPI o registro de software do sistema embarcado e a patente do dispositivo biomédico para auxílio ao diagnóstico de câncer de mama, próstata e colo de útero. Outrossim, está em fase de desenvolvimento um artigo para ser publicado na revista BioMedical Engineering OnLine, cujo tema é a análise dos sistemas embarcados para auxílio ao diagnóstico na APS.

7. CONCLUSÃO

7.1 Impactos e contribuições

De acordo com o desenvolvimento e a análise comparativa de sistemas embarcados para auxílio ao diagnóstico de câncer e sífilis na Atenção Primária à Saúde realizado neste trabalho, podemos citar os seguintes pontos:

- O sistema embarcado do miRNA-Box e o dispositivo biomédico para auxílio ao diagnóstico de sífilis apresentam diversos benefícios de forma direta ao paciente e ao SUS. Melhorias relacionadas ao diagnóstico, otimização do processo de acompanhamento ao longo da vida do paciente, maior aporte tecnológico nas Unidade Básicas de Saúde (UBS), geração de indicadores para tomada de decisão e redução de custos. Fato que contribui para indução de políticas públicas e ações do Ministério da Saúde.
- Os pacientes acometidos de câncer geralmente são diagnosticados de forma tardia, fato que atua diretamente na sobrevida deles. Atualmente, existe mecanismos de detecção de miRNA que são capazes de realizar o diagnóstico precoce desta doença, entretanto, os custos elevados fazem com que sejam totalmente inviáveis a aplicação dessas ferramentas na baixa complexidade. Diferenciando-se assim, da proposta do miRNA-Box que propõem o diagnóstico precoce de câncer de mama, próstata e colo de útero em um curto espaço de tempo, e um custo dentro do orçamento do SUS na APS.

- O dispositivo biomédico para auxílio ao diagnóstico de sífilis pode ser reutilizado para o desenvolvimento de exames de auxílio ao diagnóstico de outras infecções e doenças que sejam passíveis de aplicação de métodos eletroquímicos, exigindo poucas modificações.
- A escalabilidade é um ponto estratégico para a implementação destes modelos de sistemas embarcados, visto a heterogeneidade dos computadores utilizados nas APS e na perspectiva de trabalhos futuros, sendo isto, fator determinante para o desenvolvimento dos sistemas analisados serem com base no *framework Electron*, visto sua compatibilidade com diferentes plataformas computacionais e sua possibilidade de implantação de recursos de sistemas web.
- A interoperabilidade apresentada pelos sistemas embarcados está em consonância com a portaria nº 2.073/2011 do Ministério da Saúde, a qual regulamentou a utilização de padrões de informação e de interoperabilidade para sistemas no âmbito da saúde inseridos no SUS. Fato que beneficia os tratamentos médicos, tornando-os mais rápidos, devido à sua simplicidade e agilidade na troca de dados, conseqüentemente aumentando a eficácia dos tratamentos. No âmbito econômico também apresenta vantagem, devido a prevenção da repetição de exames e do aumento da eficiência na troca de informações no meio eletrônico.
- No tema de segurança, os dispositivos buscam atender aos requisitos da LGPD, visto que tratam de dados sensíveis do paciente. Apresentando assim, um banco de dados que atendem os preceitos da atomicidade, consistência, isolamento e durabilidade. Tema de relevância e de preocupação dos governos e dos sistemas de saúde dos países, devido a grande proliferação de vírus e ataques cibernéticos que podem comprometer toda a sociedade.

7.2 Trabalhos futuros

O desenvolvimento do dispositivo biomédico para auxílio ao diagnóstico precoce de câncer é um trabalho que necessita de diversas etapas de desenvolvimento, em diferentes frentes de atuação, caracterizando-se por ser um trabalho multidisciplinar. Para a continuação do projeto à nível de software, os próximos passos são:

- Integrar software embarcado com o hardware de detecção.

- Ampliar os serviços que compõem a arquitetura, baseado no progresso do projeto. Tal como um serviço de inteligência artificial para emitir um direcionamento do diagnóstico.
- Desenvolvimento de funcionalidade para leitura de QR Code ou códigos de barras que já contenham os dados pré-cadastrados dos pacientes, visando uma maior fluidez no processo.
- Realizar testes de usabilidade para verificar se a interface do usuário é de fácil utilização por pessoas que não possuem experiência computacional, facilitando a implantação do teste no ponto de atendimento e verificando.

8. REFERÊNCIAS

AMADOR SALOMÃO, Pedro Emílio. Produção e Aplicação de Biossensores: Uma Breve Revisão. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 7, n. 3, p. e1373282, 2018. DOI: 10.17648/rsd-v7i3.282. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/282>. Acesso em: 11 jun. 2021.

ASADZADEH-FIROUZABADI, Amineh; ZARE, Hamid R. Preparation and application of AgNPs/SWCNTs nanohybrid as an electroactive label for sensitive detection of miRNA related to lung cancer. **Sensors and Actuators, B: Chemical**, [S. l.], v. 260, p. 824–831, 2018. DOI: 10.1016/j.snb.2017.12.195. Acesso em: 11 jun. 2021.

BARROS, Edna; CAVALCANTE, Sérgio. **Introdução aos Sistemas Embarcados**. [s.l: s.n.]. . Acesso em: 11 jun. 2021.

Base Resource Definitions. HL7. Disponível em: <http://www.hl7.org/implement/standards/fhir/resource.html>.

BRASIL. **Instituto Nacional de Câncer (INCA)**. . [S.l.]: Ministério da Saúde. Disponível em: <<https://www.inca.gov.br/numeros-de-cancer>>. , 2020

BRASIL. Ministério da Saúde. Sífilis: Estratégias para diagnóstico no Brasil 2010. Disponível em: https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/sifilis_estrategia_diagnostico_brasil.pdf. Acesso em: 05 fev. 2020.

BRASIL. Ministério da Saúde. Sífilis: Boletim Epidemiológico Sífilis 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/media/pdf/2020/outubro/29/BoletimSfilis2020especial.pdf>

BRASIL. **Portaria nº 589, de 25 de maio de 2015 que Institui a Política Nacional de Informação e Informática em Saúde (PNIIS)**. . [S.l.]: Ministério da Saúde. Disponível em:

<https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2015/prt0589_20_05_2015.html>. , 2015

BRASIL. Portaria nº 2.073/2011, de 31 de agosto de 2011 que regulamenta o uso de padrões de interoperabilidade e informação em saúde para sistemas de informação em saúde no âmbito

do Sistema Único de Saúde, nos níveis Municipal, Distrital, Estadual e Federal, e para os sistemas privados e do setor de saúde suplementar. . [S.l.]: Ministério da Saúde. Disponível em: <

https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2073_31_08_2011.html>

BRASIL. Ministério da Saúde. Rede Nacional de Dados em Saúde. Disponível em: <https://www.rnds.gov.br>

BRAY, Freddie; JEMAL, Ahmedin; GREY, Nathan; FERLAY, Jacques; FORMAN, David. Global cancer transitions according to the Human Development Index (2008-2030): A population-based study. **The Lancet Oncology**, [S. l.], v. 13, n. 8, p. 790–801, 2012. DOI: 10.1016/S1470-2045(12)70211-5. Disponível em:

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22658655/>. Acesso em: 11 jun. 2021.

BURRELL, Rebecca A.; MCGRANAHAN, Nicholas; BARTEK, Jiri; SWANTON, Charles. **The causes and consequences of genetic heterogeneity in cancer evolution***Nature*, 2013. DOI: 10.1038/nature12625. Disponível em:

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24048066/>. Acesso em: 11 jun. 2021.

CAO, Jerry; ZIEBA, Kamil; ELLIS, Matt. **The Ultimate Guide to Prototyping**. 2015. Disponível em: <https://www.uxpin.com/studio/ebooks/guide-to-prototyping/>. Acesso em: 16 nov. 2020.

CARDOSO, Pablo Holanda. **Desenvolvimento de um dispositivo biomédico para o diagnóstico da sífilis: uma tecnologia para indução da política nacional de testagem nas redes de atenção**. [s.l.] : Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2020. b. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/30402>. Acesso em: 12 jun. 2021.

CARDOSO, Rodrigo Nunes; DE, Renata; SILVA, Santana; MIRELLE, Deyse; SANTOS, Souza. Tecnologias da informação e comunicação: ferramentas essenciais para a atenção primária a saúde Communication and information technologies: essential tools for primary health care. **Brazilian Journal of Health Review**, [S. l.], v. 4, n. 1, p. 2691–2706, 2021. DOI: 10.34119/bjhrv4n1-216.

CARLOS EDUARDO VAZQUEZ; GUILHERME SIQUEIRA SIMÕES. **Engenharia de Requisitos: software orientado ao negócio**. [s.l.: s.n.]. Disponível em: https://books.google.com.br/books?id=gA7kDAAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=pt-BR&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false. Acesso em: 12 jun. 2021.

CERQUEIRA, Luiz Guilherme Portela Oliveira De. **Desenvolvimento de arquitetura de software para o exame de diagnóstico laboratorial de sífilis congênita**. [s.l.] : Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2020. b. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/31443>. Acesso em: 11 jun. 2021.

CERQUEIRA, Gabriel Muniz; PINHEIRO, Isabelle Matos; LIMA, Igor Alexandre; JESUS, Raimundo Jorge Abreu; SANTOS SOUZA, Antonio Carlos. Sistema Embarcado para transferência de sinais vitais usando o padrão Health Level 7 (HL7). **Brazilian Journal of Health Review**, [S. l.], v. 3, n. 1, p. 684–705, 2020. DOI: 10.34119/bjhrv3n1-054. Disponível em: <https://www.brazilianjournals.com/index.php/BJHR/article/view/6550>. Acesso em: 11 jun. 2021.

CHEN, Xiang Sheng. **Challenges in responses to syphilis epidemic***The Lancet Infectious Diseases*Lancet Publishing Group, , 2017. DOI: 10.1016/S1473-3099(17)30327-4.

CONGUR, Gulsah; EKSIN, Ece; ERDEM, Arzum. Impedimetric detection of miRNA-34a using graphene oxide modified chemically activated graphite electrodes. **Sensors and Actuators, A: Physical**, [S. l.], v. 279, p. 493–500, 2018. DOI: 10.1016/j.sna.2018.06.026. Acesso em: 11 jun. 2021.

COOPER, Geoffrey M. *The Development and Causes of Cancer*. [S. l.], 2008. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK9963/>. Acesso em: 11 jun. 2021.

CORTIZO, Carlos Tato. *Sistemas de Informática e Informação da Atenção Básica do Sistema único de Saúde e o Software Livre: Possibilidades e perspectivas*. [S. l.], 2008.

CURCIO, Karina; SANTANA, Rodolfo; REINEHR, Sheila; MALUCELLI, Andreia. **Usability in agile software development: A tertiary study** *Computer Standards and Interfaces* Elsevier B.V., , 2019. DOI: 10.1016/j.csi.2018.12.003. Acesso em: 11 jun. 2021.

DE CASTRO JUNIOR, Gilberto; HARADA, Guilherme; DE MELLO, Evandro Sobroza. **The importance of molecular characterization in lung cancer** *Jornal Brasileiro de Pneumologia* Sociedade Brasileira de Pneumologia e Tisiologia, , 2019. DOI: 10.1590/1806-3713/e20190139. Disponível em: <http://orcid.org/0000-0001-8765-3044>; [b.http://orcid.org/0000-0003-4012-3251](http://orcid.org/0000-0003-4012-3251); [c.http://orcid.org/0000-0002-4383-2910](http://orcid.org/0000-0002-4383-2910). Acesso em: 11 jun. 2021.

DIAS, Rigoleta D. M.; COOK, Timothy W.; FREIRE, Sergio M. Modeling healthcare authorization and claim submissions using the openEHR dual-model approach. **BMC Medical Informatics and Decision Making**, [S. l.], v. 11, n. 1, p. 1–12, 2011. DOI: 10.1186/1472-6947-11-60. Disponível em: <http://www.biomedcentral.com/1472-6947/11/60>. Acesso em: 11 jun. 2021.

DIPIERRO, Massimo. **The rise of JavaScript** *Computing in Science and Engineering* IEEE Computer Society, , 2018. DOI: 10.1109/MCSE.2018.011111120. Acesso em: 11 jun. 2021.

DOS SANTOS, Alaneir de Fátima et al. Incorporação de Tecnologias de Informação e Comunicação e qualidade na atenção básica em saúde no Brasil. **Cadernos de Saude Publica**, [S. l.], v. 33, n. 5, 2017. DOI: 10.1590/0102-311X00172815.

DOS SANTOS, Marquiony Marques; LOPES, Ana Karla Bezerra; RONCALLI, Angelo Giuseppe; DE LIMA, Kenio Costa. Trends of syphilis in Brazil: A growth portrait of the treponemic epidemic. **PLoS ONE**, [S. l.], v. 15, n. 4, p. e0231029, 2020. DOI: 10.1371/journal.pone.0231029.

GALVÃO-LIMA, Leonardo J.; MORAIS, Antonio H. F.; VALENTIM, Ricardo A. M.; BARRETO, Elio J. S. S. miRNAs as biomarkers for early cancer detection and their application in the development of new diagnostic tools. [S. l.], [s.d.]. DOI: 10.1186/s12938-021-00857-9. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s12938-021-00857-9>. Acesso em: 16 jun. 2021.

GÖTTEMS, Leila Bernardo Donato; PIRES, Maria Raquel Gomes Maia. Beyond primary care: Reorganization of SUS through the intersection of the political and economic sectors. **Saude e Sociedade**, [S. l.], v. 18, n. 2, p. 189–198, 2009. DOI: 10.1590/s0104-12902009000200003.

HAYES, Josie; PERUZZI, Pier Paolo; LAWLER, Sean. **MicroRNAs in cancer: Biomarkers, functions and therapy** Trends in Molecular Medicine Elsevier Ltd, , 2014. DOI: 10.1016/j.molmed.2014.06.005. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25027972/>. Acesso em: 11 jun. 2021.

JIN, Yulong; XIE, Yunfeng; WU, Kui; HUANG, Yanyan; WANG, Fuyi; ZHAO, Rui. Probing the Dynamic Interaction between Damaged DNA and a Cellular Responsive Protein Using a Piezoelectric Mass Biosensor. **ACS Applied Materials and Interfaces**, [S. l.], v. 9, n. 10, p. 8490–8497, 2017. DOI: 10.1021/acsami.6b15077. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/acsami.6b15077>. Acesso em: 12 jun. 2021.

JIN, Zhao; GUAN, Weiming; LIU, Chang; XUE, Tianyu; WANG, Qiyu; ZHENG, Weitao; CUI, Xiaoqiang. A stable and high resolution optical waveguide biosensor based on dense TiO₂/Ag multilayer film. **Applied Surface Science**, [S. l.], v. 377, p. 207–212, 2016. DOI: 10.1016/j.apsusc.2016.03.123. Acesso em: 11 jun. 2021.

KON, Fabio; WANG, Xiaofeng; MELEGATI, Jorge; GOLDMAN, Alfredo. A model of

Requirements Engineering in Software Startups. [S. l.], 2019. DOI: 10.1016/j.infsof.2019.02.001. Disponível em: <https://bv.fapesp.br/en/266/>. Acesso em: 16 nov. 2020.

KUBANOV, Aleksey; RUNINA, Anastassia; DERYABIN, Dmitry. **Novel Treponema pallidum Recombinant Antigens for Syphilis Diagnostics: Current Status and Future Prospects***BioMed Research International*Hindawi Limited, , 2017. DOI: 10.1155/2017/1436080. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28523273/>. Acesso em: 11 jun. 2021.

LISMONT, M.; DREESEN, L. Comparative study of Ag and Au nanoparticles biosensors based on surface plasmon resonance phenomenon. **Materials Science and Engineering C**, [S. l.], v. 32, n. 6, p. 1437–1442, 2012. DOI: 10.1016/j.msec.2012.04.023. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24364943/>. Acesso em: 12 jun. 2021.

MACINKO, James; MENDONÇA, Claunara Schilling. Estratégia Saúde da Família, um forte modelo de Atenção Primária à Saúde que traz resultados. **Saúde em Debate**, [S. l.], v. 42, n. spe1, p. 18–37, 2018. DOI: 10.1590/0103-11042018s102.

MAO, Hanping; ZUO, Zhiqiang; YANG, Ning; HUANG, Jun Steed; YAN, Yuting. A Microfluidic Colorimetric Biosensor for Chlorpyrifos Determination based on Peroxidase-like CuFe₂O₄/GQDs Magnetic Nanoparticles. **Journal of Residuals Science and Technology**, [S. l.], v. 14, n. 1, p. 255–269, 2017. DOI: 10.12783/issn.1544-8053/14/1/30. Acesso em: 11 jun. 2021.

MARDAN, Azat. **Full Stack JavaScript**. [s.l.] : Apress, 2015. DOI: 10.1007/978-1-4842-1751-1. Acesso em: 12 jun. 2021.

MONROIG-BOSQUE, Paloma Del C.; RIVERA, Carlos A.; CALIN, George A. **MicroRNAs in cancer therapeutics: " from the bench to the bedside "***Expert Opinion on Biological Therapy*Taylor and Francis Ltd, , 2015. b. DOI: 10.1517/14712598.2015.1074999. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26372796/>. Acesso em: 11 jun. 2021.

MOREIRA, Cleumar S.; LIMA, Antonio M. N.; NEFF, H.; BARRETO NETO, Arlindo G.; LOUREIRO, Fernanda C. C. L.; DE SOUZA FILHO, Carlos A.; LIMA JUNIOR, Luis H. C. **Biosensores: Tecnologia e Aplicações**, 2010.

NEWMAN, Lori et al. **Global Estimates of the Prevalence and Incidence of Four Curable Sexually Transmitted Infections in 2012 Based on Systematic Review and Global Reporting** *PLoS ONE* Public Library of Science, , 2015. DOI: 10.1371/journal.pone.0143304.

openEHR Architecture Overview. openEHR. Disponível em: https://specifications.openehr.org/releases/BASE/latest/architecture_overview.html#archetypes_andtemplates.

PAUL B. JENSEN. **Manning | Cross-Platform Desktop Applications Using Node, Electron, and NW.js**. [s.l: s.n.]. . Acesso em: 11 jun. 2021.

PENIDO, Édilus de Carvalho Castro; TRINDADE, Ronaldo Silva. **Microcontroladores**. 2013. Disponível em: <https://docplayer.com.br/6952419-Microcontroladores-edilus-de-carvalho-castro-penido-ronaldo-silva-trindade.html>. Acesso em: 16 nov. 2020.

PINHO, Cláudia; FRANCO, Mário; MENDES, Luis. Web portals as tools to support information management in higher education institutions: A systematic literature review. **International Journal of Information Management**, [S. l.], v. 41, p. 80–92, 2018. DOI: 10.1016/j.ijinfomgt.2018.04.002. Acesso em: 11 jun. 2021.

PINOCHET, Contreras. **Tendências de Tecnologia de Informação na Gestão da Saúde**. [s.l: s.n.].

PINTO, Hêider Aurélio; SOUSA, Allan Nuno Alves De; FERLA, Alcindo Antônio. O Programa Nacional de Melhoria do Acesso e da Qualidade da Atenção Básica: faces de uma política inovadora. **Saúde em Debate**, [S. l.], v. 38, n. special, p. 358–372, 2014. DOI: 10.5935/0103-1104.2014s027.

PINTO JÚNIOR, Joelias S.; BARROS, Victor F. A.; NETO, Augusto J. Venâncio; BORGES, Rodrigo C. PHCS: uma Proposta de Mobilidade e Automação para o Sistema de Atenção Primária a Saúde. [S. l.], 2011.

PONTES, Thiago Bessa; ARTHAUD, Daniel Dias Branco. METODOLOGIAS ÁGEIS PARA O DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARES. **Ciência e Sustentabilidade**, [S. l.], v. 4, n. 2, p. 173–213, 2019. DOI: 10.33809/2447-4606.422018173-213.

Disponível em:

[//periodicos.ufca.edu.br/ojs/index.php/cienciasustentabilidade/article/view/314](http://periodicos.ufca.edu.br/ojs/index.php/cienciasustentabilidade/article/view/314).

Acesso em: 16 nov. 2020.

RIZO, Victor Hugo Manduca; ESPIRITO SANTO, Felipe Do. MIGRAÇÃO DE PARTES DE UMA APLICAÇÃO DESKTOP PARA O FORMATO DE API REST.

Revista Interface Tecnológica, [S. l.], v. 17, n. 1, p. 118–128, 2020. DOI:

10.31510/infa.v17i1.773. Disponível em:

<https://revista.fatectq.edu.br/index.php/interfacetecnologica/article/view/773>. Acesso em: 12 jun. 2021.

RODRÍGUEZ, Pilar; MÄNTYLÄ, Mika; OIVO, Markku; LWAKATARE, Lucy Ellen; SEPPÄNEN, Pertti; KUVAJA, Pasi. Advances in Using Agile and Lean Processes for Software Development. *In: Advances in Computers*. [s.l.] : Academic Press Inc., 2019. v. 113p. 135–224. DOI: 10.1016/bs.adcom.2018.03.014. Acesso em: 11 jun. 2021.

RONKAINEN, Niina J.; HALSALL, H. Brian; HEINEMAN, William R. Electrochemical biosensors. **Chemical Society Reviews**, [S. l.], v. 39, n. 5, p. 1747–1763, 2010. DOI:

10.1039/b714449k. Disponível em:

<https://pubs.rsc.org/en/content/articlehtml/2010/cs/b714449k>. Acesso em: 11 jun. 2021.

SALAHANDISH, Razieh; GHAFARINEJAD, Ali; OMIDINIA, Eskandar;

ZARGARTALEBI, Hossein; MAJIDZADEH-A, Keivan; NAGHIB, Seyed Morteza;

SANATI-NEZHAD, Amir. Label-free ultrasensitive detection of breast cancer miRNA-

21 biomarker employing electrochemical nano-genosensor based on sandwiched AgNPs in PANI and N-doped graphene. **Biosensors and Bioelectronics**, [S. l.], v. 120, p. 129–136, 2018. DOI: 10.1016/j.bios.2018.08.025. Acesso em: 12 jun. 2021.

SAMPAIO, Ítalo Cavalcante. **Sistema de Monitoramento Remoto de Pacientes Implementado em Hardware de Arquitetura ARM** Ítalo Cavalcante Sampaio. [s.l.: s.n.]. . Acesso em: 11 jun. 2021.

SANTOS, Gabriel Crelier Dos. **Implementação do Segmento Laboratorial do Protocolo HL7 Usando o MongoDB**. [s.l.: s.n.]. . Acesso em: 11 jun. 2021.

SATPATHY, Tridibesh. **Um Guia Completo para Entregar Projetos Utilizando o Scrum**. 3rd Edição ed. [s.l.: s.n.]. Disponível em: www.scrumstudy.com. Acesso em: 9 nov. 2020.

SCOCCIA, G. L.; AUTILI, M. Web Frameworks for Desktop Apps. Proceedings of the 14th ACM / IEEE International Symposium on Empirical Software Engineering and Measurement (ESEM). Anais...New York, NY, USA: ACM, 5 out. 2020

SILVEIRA, Paulo; SILVEIRA, Guilherme; LOPES, Sérgio; MOREIRA, Guilherme; STEPPAT, Nico; NUNO, Fabio. **Introdução à Arquitetura e Design de Software Uma visão sobre a plataforma Java**. [s.l.: s.n.]. Disponível em: https://www.academia.edu/38254212/Introdução_à_Arquitetura_e_Design_de_Software_Uma_visão_sobre_a_plataforma_Java. Acesso em: 11 jun. 2021.

SMITH, Sinéad M.; MURRAY, David W. An overview of microRNA methods: Expression profiling and target Identification. **Methods in Molecular Biology**, [S. l.], v. 823, p. 119–138, 2012. b. DOI: 10.1007/978-1-60327-216-2_9. Disponível em: https://link.springer.com/protocol/10.1007/978-1-60327-216-2_9. Acesso em: 11 jun. 2021.

SONG, Qingxuan; MERAJVER, Sofia D.; LI, Jun Z. Cancer classification in the genomic era: Five contemporary problems. **Human Genomics**, [S. l.], v. 9, 2015.

DOI: 10.1186/s40246-015-0049-8. Disponível em:

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26481255/>. Acesso em: 11 jun. 2021.

SORATTO, Jacks; PIRES, Denise Elvira Pires De; DORNELLES, Soraia; LORENZETTI, Jorge. Estratégia saúde da família: Uma inovação tecnológica em saúde. **Texto e Contexto Enfermagem**, [S. l.], v. 24, n. 2, p. 584–592, 2015. DOI: 10.1590/0104-07072015001572014.

TIAN, Liang; QIAN, Kun; QI, Jinxu; LIU, Qinyao; YAO, Chen; SONG, Wei; WANG, Yihong. Gold nanoparticles superlattices assembly for electrochemical biosensor detection of microRNA-21. **Biosensors and Bioelectronics**, [S. l.], v. 99, p. 564–570, 2018. DOI: 10.1016/j.bios.2017.08.035. Disponível em:

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28826000/>. Acesso em: 12 jun. 2021.

SILVIO, Veloso Araujo; PIRES, Ricardo; PAULO BANDIERA-PAIVA III, Tiago.

Adoção de padrões para Registro Eletrônico em Saúde no Brasil Adoption of standards for Electronic Health Record in Brazil Adopción de las normas para la Historia clínica electrónica en Brasil. **Revista Eletrônica de Comunicação, Informação e Inovação em Saúde**, [S. l.], v. 8, n. 4, p. 554–566, 2014. DOI:

10.3395/reciis.v8i4.895.pt. Disponível em: www.reciis.icict.fiocruz.br. Acesso em: 11

jun. 2021.

WHO. **Early cancer diagnosis saves lives, cuts treatment costs**. 2017a.

Disponível em: <https://www.who.int/news/item/03-02-2017-early-cancer-diagnosis-saves-lives-cuts-treatment-costs>. Acesso em: 12 jun. 2021.

WHO. Report on global sexually transmitted infection surveillance. **WHO**, [S. l.], 2018.

Anexo A - Documento de Visão de Sistema

Objetivo deste Documento

Este documento tem como objetivo estabelecer uma visão de alto nível para os requisitos técnicos mais detalhados. Nele serão feitas adaptações necessárias ao longo do projeto para que as necessidades sejam atendidas.

ESCOPO DO PRODUTO

O produto consiste em um sistema embarcado utilizado em dispositivo biomédico para aplicação na Atenção Primária à Saúde na finalidade de realizar análise e diagnóstico precoce de câncer de mama, próstata e colo de útero. Para tanto, o sistema deverá fornecer os seguintes serviços:

- Módulo de comunicação entre usuário-hardware via interface gráfica;
- Gerar matriz de poços diretamente proporcional com a quantidade de amostras de pacientes a serem analisados;
- Realizar comunicação com prontuário eletrônico do paciente;
- Realizar Captação, quantificação e filtragem dos biomarcadores de miRNA;
- Armazenamento interno;
- Histórico de registros;
- Rastreabilidade dos processos executados

NÃO ESCOPO DO PRODUTO

- O sistema não fornecerá os seguintes serviços:
 - Disponibilidade de internet para envio de dados ao prontuário eletrônico do paciente;
 - O sistema não terá ajuda online e/ou suporte 24h;

RESUMO DOS USUÁRIOS

Nome	Descrição	Responsabilidades
Profissional da área da saúde	Administrador	Gerencia os usuários do sistema e as amostras controles inseridas nos poços.
Profissional da área da saúde	Operador	Gerencia os registros no que diz respeito à: inserção dos pacientes e amostras controles; definição de parâmetros de entrada.

VISÃO GERAL DO PRODUTO

REQUISITOS FUNCIONAIS

RF001 - Login

Permite ao usuário, a partir dos seus dados cadastrados, ter acesso às funcionalidades do sistema.

RF002 - Manter usuários

Permite ao usuário administrador cadastrar, alterar, visualizar e inativar informações a respeito dos usuários do sistema.

RF003 - Manter amostra controle

Permite ao usuário administrador cadastrar, alterar, visualizar e inativar informações a respeito das amostras de controles.

RF004 - Manter paciente

Permite ao usuário do sistema cadastrar, alterar, visualizar e inativar informações a respeito dos pacientes do sistema.

RF005 - Consultar solicitação paciente

Permite ao usuário do sistema consultar no prontuário eletrônico do paciente se o mesmo possui uma pendência de exame.

RF006 - Gerar registro

Permite ao usuário do sistema, gerar a matriz de amostras de maneira proporcional à quantidade de pacientes.

RF007 - Buscas

Permite ao usuário do sistema visualizar registros já executados. Sendo possível aprofundar a busca de determinado registro através de uma listagem de pacientes ou distribuição dos pacientes nos poços. Nas buscas de listagem, é possível utilizar filtros, no intuito de facilitar a pesquisa.

RF008 - Rastreo

Permite ao usuário administrador realizar o rastreo de outros usuários, no intuito de saber os passos feitos por esse usuário em determinado registro.

RF009 - Resultados

Permite ao usuário do sistema visualizar os resultados do registro.

REQUISITOS NÃO FUNCIONAIS

RNF001 - Performance

O sistema deverá ser executado em Raspberry PI 4 e ter o tempo de resposta satisfatório.

RNF002 - SGBD

O sistema deverá funcionar em um banco de dados PostgreSQL.

RNF003 - Usabilidade

Deve facilitar para o usuário a compreensão das funcionalidades disponíveis através de termos comuns dentro do meio no qual ele está inserido. Deverá possuir uma apresentação simples tornando realização das atividades de forma intuitiva e lógica.

RNF004 - Confiabilidade

Todas as informações sobre valores, e resultados das execuções de cada ação do sistema que gerem valores devem ser precisos.

RNF005 – Verificar conexão com internet

O sistema deverá verificar automaticamente se apresenta conexão ou não com a internet, para realizar a consulta/envio de informações no prontuário eletrônico do paciente

RESTRICÇÕES

Ambiente físico ou plataformas;
Exigência de compatibilidade com soluções existentes;
Indisponibilidade de recursos, entre outros.

REFERÊNCIAS

Não se aplica.

Anexo B - Documento de Visão de Negócio

Objetivo deste Documento

Este documento tem como objetivo estabelecer uma visão preliminar e as principais características do sistema descrevendo informações que embasem o processo de aprovação do projeto.

DESCRIÇÃO DO PROBLEMA

Gatilho do problema	Obter dados quantificados dos resíduos de miRNA para análise e diagnóstico precoce de câncer de mama, próstata e colo de útero.
Problema gerado	A complexidade para levantamento de dados válidos de amostras com procedimentos ágeis, manipulação simplificada e de fácil mobilidade.
Quem é afetado	Atenção Primária de Saúde, Pacientes acometidos de câncer e profissionais da saúde.
Solução adotada	Sistema em hardware/software para auxílio na quantificação de indicadores para rastreamento de miRNAs especificados.
Solução sistêmica	Verificar solicitação de exame no prontuário eletrônico do paciente; coletar amostras; realizar a quantificação dos resíduos de miRNA; fornecer aos usuários informações sobre a existência dos indicadores; Armazenamento local de dados e envio de informações para o prontuário eletrônico do paciente.

NECESSIDADE DO USUÁRIO

Necessidade	Situação Atual	Solução Proposta
Detecção de miRNAs em fluidos corpóreos (sangue)	Maquinário robusto e caro. Atuando na alta complexidade	Hardwares de baixo custo com sensores ópticos específicos para captação de indicadores. Atuando na Atenção Primária de Saúde
Quantificar biomarcadores existentes em cada amostra	Maquinário robusto e caro	Análise de intensidade de indicadores e definição de escala numérica.
Cadastramento de procedimento para avaliação de amostras	N/A	Interface de comunicação usuário-máquina, para disponibilizar funções de cadastro de operações.
Catalogar procedimentos realizados (local)		Hardware de armazenamento local

Documento de Visão de Negócio

		(memória) e histórico de procedimentos.
Realizar a comunicação para efetivação dos processos	N/A	Comunicação com banco de informações interno (local) e externo (servidor online)
Manuseio do equipamento de modo objetivo e eficaz	Sistemas acoplados a dispositivos robustos, sem a boa usabilidade. Depende de técnico para o manuseio	Interface do sistema com boa usabilidade e experiência rica ao usuário
Portabilidade para mobilidade efetiva	Equipamentos robustos	Equipamento com estrutura compacta e de fácil manipulação
Disponibilidade para atuação com/sem conexão com o servidor	N/A	Fornecer perfis de produção do modo a armazenar os dados internamente e efetuar a sincronização com o sistema online.

CARACTERÍSTICAS DO PRODUTO

Informações sobre às características funcionais e não funcionais do miRNA-BoxDetection para indicação de diagnóstico precoce de cânceres de mama, próstata e colo de útero.

CARACTERÍSTICAS FUNCIONAIS

3.1.1 Checagem de funcionamento de periféricos

Função de inicial para checagem do status dos periféricos em hardware, sistema de armazenamento (memória), conectividade com a rede local e a estabilidade do sistema de comunicação usuário-hardware (software).

3.1.2 Quantificação dos dados das amostras

Processo de quantificação dos valores relacionados à presença de resíduos de miRNA para escala numérica.

3.1.3 Filtros de informações

Análise dos dados obtidos, posteriormente a quantificação de valores, com o processo de filtragem de ruídos e redução do erro de detecção.

3.1.4 Interface de comunicação usuário-hardware

Sistema em software para inserção de dados para a configuração de protocolos base, organização e exposição visual das informações sobre: controle do sistema, processos (histórico), resultados de quantificação e envio de dados.

3.1.5 Procedimentos de listagem de amostras

Painel com campos de informações sobre as amostras, e as solicitações necessárias a serem inseridas ao registro específico realizado. Sendo pré-configurados para a indexação de valores captados por unidade de matriz de amostras (bandeja).

3.1.6 Histórico de avaliações/protocolos/captações

Função de auxílio para catalogação local dos procedimentos realizados. Reutilização de padrões de configuração e de informações, como a sincronização com a base de dados (banco de informações) online para confirmação de procedimentos cadastrados no usuário foco do protocolo.

3.1.7 Identificação das amostras

Painel para definição de configurações para identificação das amostras. Anexar identificador de referência para múltiplas amostras.

3.1.8 Envio do procedimento para o banco de informações

Painel de confirmação para sincronização com o banco de dados externo (prontuário eletrônico do paciente), mediante validação de informações do manipulador/usuário/profissional responsável pelos procedimentos.

CARACTERÍSTICAS NÃO-FUNCIONAIS

3.2.1 DESEMPENHO

Descrever as características de hardware: armazenamento, processamento e comunicação via rede (cabada ou wireless).

3.2.2 DISPONIBILIDADE

Caracterização da disponibilidade de acesso ao sistema de modo offline e online.

3.2.3 SEGURANÇA

Descrição dos critérios de criptografia de dados internos para acesso entre usuários e de comunicação com servidor.

3.2.4 INTEGRABILIDADE

Qualidade e validade dos dados disponíveis para exposição de informações para os usuários e para envio ao servidor.

Anexo C - Documento de Regras

Objetivo deste Documento

Este documento tem como objetivo apresentar as regras gerais utilizadas pelo sistema. (Restrições, validações, condições e exceções).

REGRAS DO SISTEMA

REGRAS DE NEGÓCIO

RGN001 – Manter usuário

O sistema deve permitir ao usuário administrador manter as informações relativas aos demais usuários do sistema.

Ao cadastrar um usuário, os seguintes campos são obrigatórios:

Nome completo;
CPF;
E-mail;
Senha;
Perfil;

O usuário pode ou não adicionar uma foto para cadastro no sistema. No caso de não haver foto, o sistema inclui uma foto padrão em seu lugar, a ser mostrada em momento conveniente.

RGN002 – Adicionar paciente

O sistema deve permitir ao usuário adicionar as informações relativas ao paciente em caso do sistema off-line. Nesse caso, os seguintes campos são obrigatórios:

Nome completo;
CPF;
CNS;
Número da solicitação;
Data nascimento;
Sexo;
Hospital requisitante;
CRM do profissional requisitante;
Estado
Município

Em caso de o sistema possuir conectividade, ou seja, apresentar o status de online, será obrigatório apenas o preenchimento dos seguintes campos:

CPF;
Número da solicitação;

Esses campos serão enviados para o prontuário eletrônico do paciente, no intuito de realizar validação dos campos.

RGN003 – Gerar matriz de poços

O sistema deve exibir a opção para o usuário definir a quantidade de linhas e colunas a serem geradas na matriz de poços. Esses valores estão relacionados de forma proporcional com a quantidade de amostras de pacientes a serem analisadas na localidade.

RGN004 – Inserir amostras de pacientes e/ou amostras controles

Os usuários após gerarem a matriz de poços, podem inserir o paciente ou a amostra de controle em um ou mais poços.

RGN005 – Alteração de status do poço

Ao inserir um paciente ou uma amostra controle em determinado poço, o sistema deverá alterar automaticamente o status desse poço, passando de livre para ocupado.

RGN006 – Inicializar exames

Os usuários podem inicializar o exame após concluírem a inserção de pacientes e amostras controles na matriz de poços.

RGN007 – Permissões

Os usuários, ou seja, o administrador e o operador se diferem apenas nos seguintes fatos:
O administrador pode manter um usuário;
O administrador pode manter uma amostra controle;
O administrador pode rastrear todo o processo ocorrido em determinado registro

RGN008 – Buscas

No caso das informações dos registros, quando o usuário realizar consultas, o sistema deve retornar resultados segundo parâmetros convenientes da busca.

RGN009 – Login

Para utilizar o sistema, o usuário deve realizar o login a partir de seus dados cadastrados.

REGRAS DE APRESENTAÇÃO

RGA001 – Validação usuário

As seguintes restrições são aplicadas aos campos empregados para manter usuário

Nome completo: texto com pelo menos um espaço, referente a nome e sobrenome;
CPF: Numérico, único e com quantidade de dígitos não superior a 11;
E-mail: texto, único, não possuir espaços, possuir a presença de @, possuir texto antes e depois do @;
Senha: No mínimo 8 caracteres e uso de Caracteres especiais;
Perfil: Administrador ou Operador

Caso os campos estejam conforme as especificações e o registro seja efetivado, uma mensagem de “cadastro realizado com sucesso” deve ser exibida. Caso contrário, os referidos erros devem ser mostrados.

RGA002 – validação paciente

As seguintes restrições são aplicadas aos campos empregados para adicionar um usuário em caso do sistema sem conectividade com a internet, ou seja, apresentar status off-line:

Nome completo: Texto com pelo menos um espaço, referente a nome e sobrenome;
CPF: Numérico, Único e com quantidade de dígitos não superior a 11;
CNS: Numérico, Único e com quantidade de dígitos não superior a 15;
Número da solicitação: Numérico;
Data nascimento: Data não posterior a data de cadastro
Sexo: Masculino ou Feminino;
Hospital requisitante: Texto;
CRM do profissional requisitante: Texto;
Estado: Estado pertencente ao Brasil;
Município: Município pertencente à algum estado do Brasil;

Em caso de o sistema possuir conectividade, ou seja, apresentar o status de online, será obrigatório apenas o preenchimento dos seguintes campos:

CPF: Numérico, Único e com quantidade de dígitos não superior a 11;
Número da solicitação: Numérico;

Caso os campos estejam conforme as especificações e o registro seja efetivado, uma mensagem de “cadastro realizado com sucesso” deve ser exibida. Caso contrário, os referidos erros devem ser mostrados.

RGA003 – validação de login

Caso o usuário não consiga efetuar o login, mensagens de erro serão exibidas de acordo com cada problema verificado para tal, seja a nível de escrita ou de informações divergentes daquelas cadastradas.

RGA004 – validação de geração de matriz de poços

O usuário não poderá gerar a matriz de poços com quantidade superior a 96 poços. Isso ocorre devido a bandeja de poços inseridas no dispositivo biomédico comportar apenas essa quantidade.

REFERÊNCIAS

Não se aplica.

Anexo D - Modelo de Caso de Uso

Objetivo deste Documento

Este documento tem como objetivo descrever as principais funcionalidades do sistema através de um modelo de caso de uso que apresenta também a interação dessas funcionalidades com os usuários.

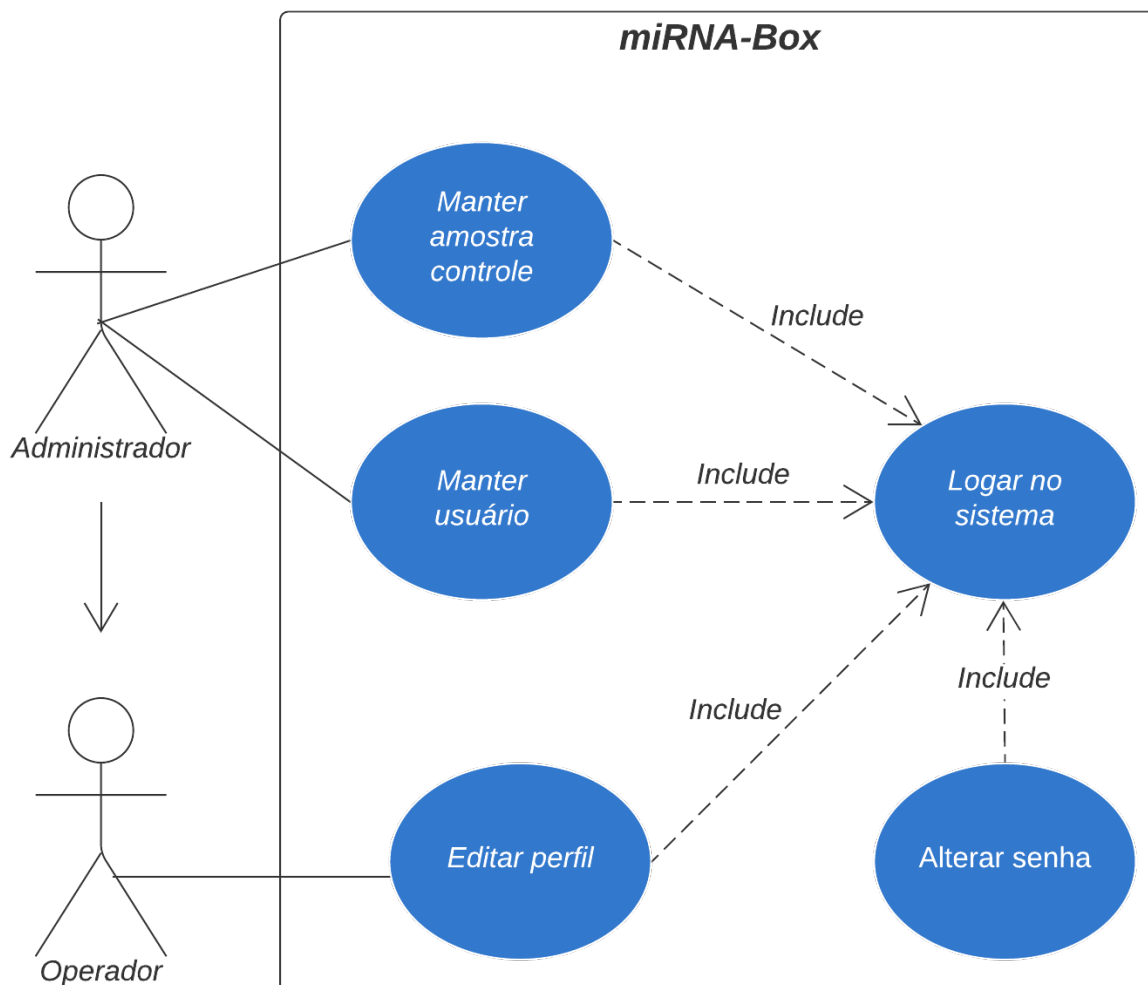
MODELO DE CASOS DE USO

ATORES

Nome do Ator	Descrição sobre Ator	Tipo de Ator
Administrador	O administrador do sistema é responsável pelas atividades que mantém o sistema e outras atividades como auditar os exames.	Humano
Operador	O operador é responsável por operacionalizar o sistema. Criando matriz poços de forma proporcional com a quantidade de amostras de pacientes; alocando os pacientes e as amostras controles em seus respectivos poços; inicializando o exame; visualizando o resultado.	Humano

DIAGRAMA DE CASOS DE USO

Cadastro de usuários e informações base

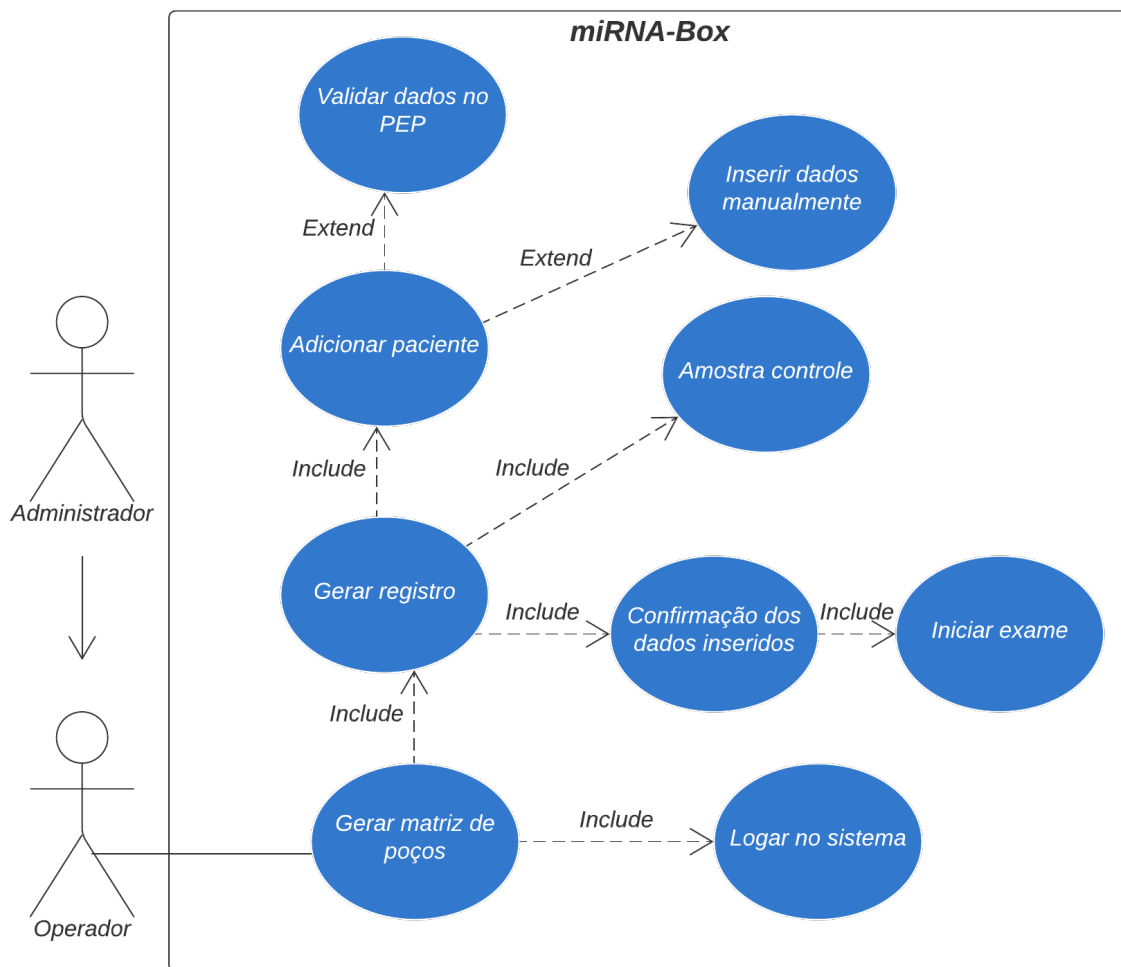


DESCRIÇÃO DE ESPECIFICAÇÃO DE CASOS DE USO

ID	Nome do caso de uso	Descrição do caso de uso
EUC1 .	Logar no sistema	Este caso de uso é responsável por efetuar o login dos usuários no sistema.
EUC2 .	Alterar a senha	Este caso de uso é responsável por solicitar a alteração de senha de um usuário do sistema.
EUC3 .	Manter usuário	Este caso de uso é responsável por cadastrar, alterar, consultar e inativar informações de usuários no sistema.
EUC4 .	Editar perfil	Este caso de uso é responsável por editar informações de perfil de um usuário no sistema
EUC5 .	Manter amostra controle	Este caso é responsável por cadastrar, alterar, consultar e inativar as amostras controles no sistema

DIAGRAMA DE CASOS DE USO

1.3.1 Gerar exame



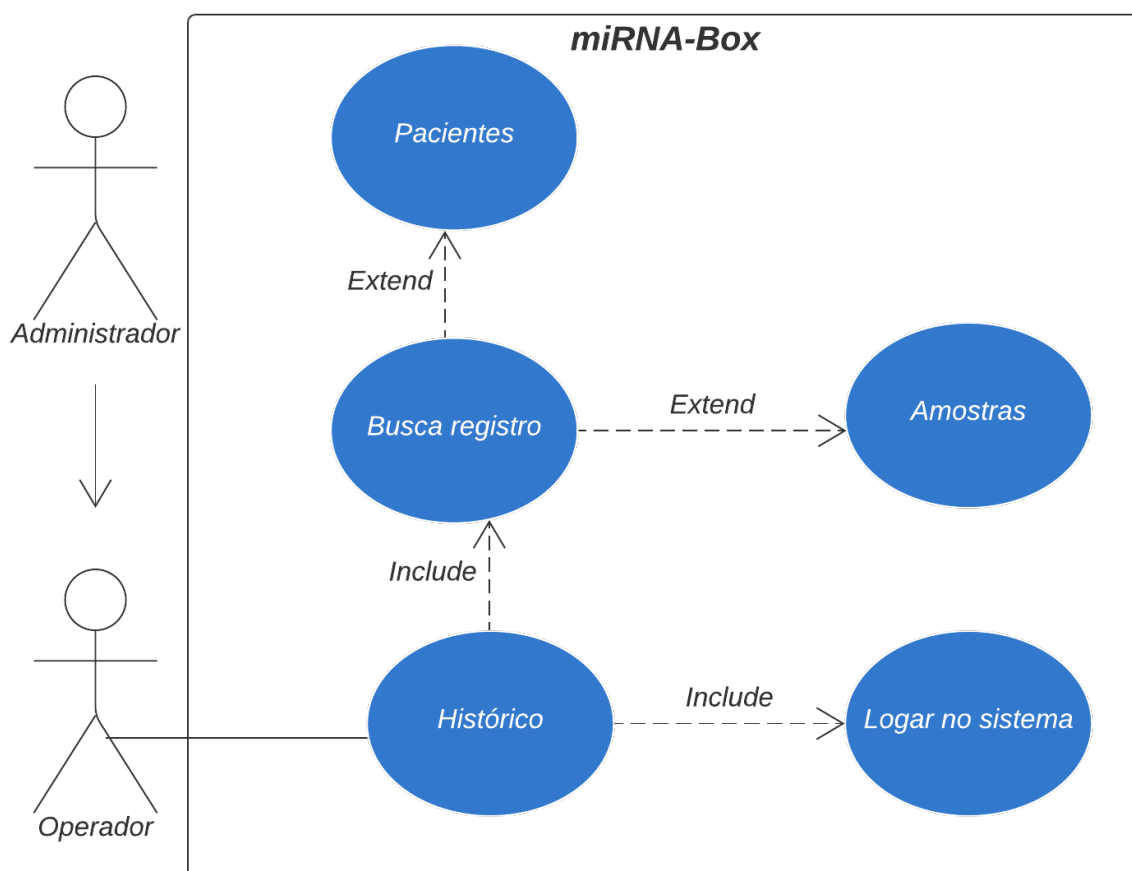
DESCRIÇÃO DE ESPECIFICAÇÃO DE CASOS DE USO

ID	Nome do caso de uso	Descrição do caso de uso
EUC1 .	Logar no sistema	Este caso de uso é responsável por efetuar o login dos usuários no sistema.
EUC6 .	Gerar matriz de poços	Este caso de uso é responsável pela inserção do tamanho de linhas e colunas da matriz de poços
EUC7 .	Gerar registro	Este caso de uso é responsável gerar um registro, no qual será composto por amostras de miRNA de pacientes ou amostras controles
EUC8 .	Adicionar paciente	Este caso de uso é responsável pela inserção de dados do paciente em determinado poço.
EUC9 .	Validar dados no PEP	Este caso de uso é responsável por realizar consulta externa no prontuário eletrônico do paciente, no intuito de verificar se ele tem exame pendente
EUC1 0	Inserir dados manualmente	Este caso é responsável pela inserção de todas as informações do paciente. Ele ocorre apenas quando o sistema se encontra off-line.

EUC1 1	Amostra controle	Este caso de uso é responsável pela inserção de uma amostra controle em determinado poço.
EUC1 2	Confirmação dos dados inseridos	Este caso de uso é responsável pela verificação do usuário sobre a matriz de poços no qual foram inseridas as amostras de miRNA de cada paciente assim como as amostras controles.
EUC1 3	Iniciar exame	Este caso de uso é responsável pelo acionamento do hardware e conseqüentemente início do exame.

DIAGRAMA DE CASOS DE USO

1.4.1 Consultas



DESCRIÇÃO DE ESPECIFICAÇÃO DE CASOS DE USO

ID	Nome do caso de uso	Descrição do caso de uso
EUC1.	Logar no sistema	Este caso de uso é responsável por efetuar o login dos usuários no sistema.
EUC1 4.	Histórico	Este caso de uso é responsável pela exibição de todos os registros já realizados
EUC1 5.	Busca registro	Este caso de uso é responsável pela busca específica de um determinado registro
EUC1 6.	Pacientes	Este caso de uso é responsável pela listagem de todos os pacientes pertencentes ao registro selecionado,

		sendo possível visualizar informações específicas de cada paciente.
EUC1 7.	Amostras	Este caso de uso é responsável pela exibição de como foi realizada disposição das amostras na matriz de poço, sendo possível visualizar informações específicas de poço.

PRONTUÁRIO ELETRÔNICO DE PACIENTES NA ATENÇÃO PRIMÁRIA

UMA ABORDAGEM À LUZ
DA SAÚDE GLOBAL

Organizadores

Antonio Higor Freire de Morais
Janaína Luana Rodrigues da Silva
João Paulo Queiroz dos Santos
Leandro Silva Costa

Catálogo da publicação na fonte
Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Secretaria de Educação a Distância

Prontuário Eletrônico de Pacientes na Atenção Primária uma Abordagem à Luz da Saúde Global [recurso eletrônico] / organizado por Antonio Higor Freire de Moraes, Janaína Luana Rodrigues da Silva, João Paulo Queiroz dos Santos e Leandro Silva Costa. – 1. ed. – Natal: SEDIS-EDUFRN, 2021.
4712 KB, 1 PDF

ISBN nº 978-65-5569-124-5

1. Prontuário Eletrônico do Paciente (PEP). 2. Atenção Primária. 3. Saúde Global. I. Moraes, Antonio Higor Freire de. II. Silva, Janaína Luana Rodrigues da. III. Santos, João Paulo Queiroz dos. IV. Costa, Leandro Silva.

CDU 614.4
P965

Elaborada por Edineide da Silva Marques - CRB-15/488

PRONTUÁRIO ELETRÔNICO DO PACIENTE COM CÂNCER E SISTEMAS EMBARCADOS

*Antônio Higor Freire de Moraes
Dionísio Dias Aires de Carvalho
Leonardo Judson Galvão de Lima
Matheus André Coutinho Ferreira*

Introdução

Sem dúvidas, um dos maiores desafios na área médica do nosso século é o desenvolvimento de novas ferramentas para detecção e tratamento de pacientes acometidos pelos diversos tipos de câncer. Frequentemente nomeado de forma genérica, o termo “câncer” na verdade engloba a transformação de células saudáveis em células tumorais que podem eventualmente acometer qualquer tecido que esteja em divisão celular. De acordo com o National Cancer Institute dos Estados Unidos (<http://www.cancer.gov/types/by-body-location>), as diversas formas de câncer podem ser classificadas em aproximadamente 200 tipos distintos, de acordo com o tipo celular acometido, órgão primariamente afetado, padrões de mutações genéticas e alterações epigenéticas, expressão de marcadores intracelulares e de superfície (BURRELL e colab., 2013; COOPER e HAUSMAN, 2007; SONG e colab., 2015).