



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA BIOMÉDICA



Josiel Patricio Pereira de Oliveira

**PLATAFORMA COMPUTACIONAL PARA MONITORAMENTO DE
PACIENTES COM ESCLEROSE LATERAL AMIOTRÓFICA**

Natal/RN

2021

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE

CENTRO DE TECNOLOGIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA BIOMÉDICA

**PLATAFORMA COMPUTACIONAL PARA MONITORAMENTO DE
PACIENTES COM ESCLEROSE LATERAL AMIOTRÓFICA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Departamento de Engenharia Biomédica da Universidade Federal do Rio Grande do Norte para obtenção do título de Graduado em Engenharia Biomédica.

Graduando: Josiel Patricio Pereira de Oliveira

Orientador: Professor Dr. Ernano Arrais Júnior

Natal/RN

2021

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE

CENTRO DE TECNOLOGIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA BIOMÉDICA

**PLATAFORMA COMPUTACIONAL PARA MONITORAMENTO DE
PACIENTES COM ESCLEROSE LATERAL AMIOTRÓFICA**

Banca Examinadora do Trabalho de Conclusão de Curso:

Prof. Dr. Ernano Arrais Junior

UFRN - Orientador

Prof. Dr. Hertz Wilton De Castro Lins

UFRN – Avaliador Interno

Dra. Daniele Montenegro da Silva Barros

UFRN – Avaliadora Externa

MSc. Felipe Ricardo dos Santos Fernandes

UFRN – Avaliador Externo

Natal/RN

2021

Ao Professor Ernano Arrais Júnior pela paciência na orientação e incentivo que tornaram possível a conclusão deste trabalho.

Ao Professor Emerson Moura de Alencar (in memoriam) pelo incentivo e acolhimento que me proporcionou durante meu tempo no IMD.

AGRADECIMENTOS

Aos Professores. Marcelo Borges Nogueira, Diego Silva, Marconi Câmara que me orientaram nos meus primeiros anos de pesquisas.

Aos amigos e colegas do LAIS pelo apoio e paciência em todos os momentos vividos e por me mostraram a importância que a academia dá a geração de papel e a capacidade de desenvolver, além dos papéis, soluções relevantes à comunidade e o amor com que se faz ciência para melhorar a vida dos outros.

Aos amigos de laboratório LII, que aos poucos foram se tornando família, Ricardo, Dani, Daniel, Judson, Mohamad e Wesley.

À Patricia, Joselma, Thalita e Camila pela amizade e o apoio em todo o período vivido na FAB.

Ao grande amigo Gilberto Schneider pelas conversas, pelos ensinamentos, por me passar um pouco de sua experiência e por ser amigo dos meus amigos e cuidar muito bem deles quando eu não estava perto.

Ao Papa.

Aos meus pais, irmãos e sobrinhos por tudo que ensinaram, muitas vezes sem dizer uma só palavra.

À Bruna Ferreira pelo companheirismo demonstrado no período desesperador de escrever este documento, por estar ao meu lado me apoiando e dando forças.

Ao Professor Dr. Ernano por me orientar nesse período tão difícil da minha vida. Por ajudar a colocar o que estava bagunçado na cabeça de forma adequada nesse trabalho. Pela paciência, didática e carinho que leva para a sala de aula. Pelo respeito aos alunos e a atividade da docência. Pela capacidade de passar não somente o conteúdo acadêmico, mas, também, a vontade de fazer diferente, da melhor forma possível, com responsabilidade, com amor.

À Sarah Neves por ter colaborado com as figuras e desenvolvimento da interface gráfica e conceitos de design.

Ao Colega de laboratório Pablo Santana pelo apoio com o desenvolvimento do aplicativo móvel, sem ele esse aplicativo não teria sido implementado.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxograma sequência metodológica.....	12
Figura 2 – Diagrama de casos de uso.....	20
Figura 3 – Diagrama de entidade-relacionamento	27
Figura 4 - Diagrama de blocos da arquitetura do software.....	28
Figura 5 – Tempo de inserção Timescale	33
Figura 6 – Tempo de inserção InfluxDB	33
Figura 7 – Comparativo entre os tempos de inserção.....	34
Figura 8 – Tela inicial da aplicação	35
Figura 9 – Tela Principal com informações dos sinais vitais do paciente.....	36
Figura 10 – Tela com opções do menu	37
Figura 11 – Notificação gerada pelo valor da saturação de oxigênio	38
Figura 12 – Notificação gerada pelo valor da frequência cardíaca.....	38
Figura 13 – Tela com opções do menu	39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Resumo da revisão bibliográfica.....	15
Tabela 2 – Caso de uso “Cadastrar usuários”.....	21
Tabela 3 – Caso de uso “Editar dados do paciente”	21
Tabela 4 – Caso de uso “Visualizar histórico”	22
Tabela 5 – Caso de uso “Visualizar dados do paciente”	22
Tabela 6 – Caso de uso “Cadastrar sensores”	23
Tabela 7 – Caso de uso “Visualizar sinais em tempo real”	23
Tabela 8 – Caso de uso “Visualizar parâmetros ventilatórios em tempo real”	24
Tabela 9 – Caso de uso “Cadastrar usuários”	24
Tabela 10 – Requisitos funcionais.....	25
Tabela 11 – Requisitos NÃO funcionais.....	26

SUMÁRIO

1	Introdução.....	9
1.1	Relevância.....	9
1.2	Motivação	10
1.3	Objetivos	11
1.4	Contribuições.....	11
1.5	Metodologia.....	11
1.6	Organização do Trabalho	12
2	Estado da arte	13
2.1	Sistemas de Monitoramento.....	13
2.2	Resumo da Revisão Bibliográfica.....	14
3	Esclerose lateral amiotrófica.....	16
3.1	Histórico	16
3.2	Classificação	16
3.3	Tratamento	18
3.4	Variáveis para monitoramento.....	19
4	Método proposto.....	20
4.1	Elicitação de requisitos.....	20
4.2	Arquitetura do sistema.....	28
4.3	Tecnologias utilizadas	29
5	Resultados e discussões	32
5.1	Análise dos bancos de dados.....	32
5.2	Interface gráfica do aplicativo	34

6 Conclusões	40
Referências	42

1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo será apresentada uma visão geral sobre o trabalho desenvolvido, sua relevância, motivação, objetivos, metodologia e organização.

1.1 Relevância

A Esclerose Lateral Amiotrófica (ELA) é uma doença rara, ainda sem cura conhecida, que compromete a função motora, sendo incapacitante, que aos poucos vai retirando a autonomia da pessoa e deixando-a, à medida que a doença evolui, cada vez mais dependente dos outros (BRASIL, 2020). A pessoa com essa doença depende quase que integralmente de um cuidador que, geralmente, é um membro da família. Por ser incurável o paciente fica recebendo os chamados cuidados paliativos que consiste em tratar os sintomas da doença e proporcionar qualidade de vida ao paciente.

O acompanhamento é constante devendo o cuidador prestar atenção até mesmo na respiração do paciente. Esse cuidado exige muito da pessoa que está exercendo essa função. “O processo do adoecer é gerador de grande sofrimento psíquico também para o cuidador” (ABRELA, 2020).

Embora seja uma doença rara a incidência da ELA média é cerca de 1 / 50.000/ano e prevalência média de cerca de 1 / 20.000 sendo estes números relativamente uniformes nos países ocidentais. (BRASIL, 2020).

Por ser uma doença ainda sem cura, mas exigir cuidados constantes e não haver justificativa para internação de pacientes, o Ministério da Saúde lançou em 2013 o programa “Melhor em Casa” que versa sobre os cuidados domiciliares para a ELA e outras doenças e faz indicação da ventilação mecânica não-invasiva (VMNI ou VNI, usa-se com maior frequência a segunda) para pacientes com ELA. (BRASIL, 2013). Para a ventilação mecânica ser efetiva uma série de configurações de parâmetros ventilatórios devem ser realizadas pelo fisioterapeuta e necessitam de ajustes para melhor adesão do paciente ao tratamento.

Com o desenvolvimento da doença os pacientes também perdem o controle da deglutição e, conseqüentemente, a capacidade de se alimentarem passando a utilizar a gastrostomia endoscópica percutânea (em inglês *Percutaneous endoscopic gastrostomy* – PEG), a qual tem sido amplamente utilizada desde 1980 na

alimentação enteral de pacientes que não conseguem ser alimentados por via oral (BULENT, 2021).

1.2 Motivação

. Pacientes com doenças intratáveis, como esclerose lateral amiotrófica (ELA) e doenças neurodegenerativas letais, têm voltado para suas casas em vez de permanecer hospitalizados. Alarmes confiáveis para mudanças de condições de pacientes e redução de encargos de suas famílias são cada vez mais necessários (ZHANG, 2013)

Fatores que podem levar a complicações e possíveis intercorrências mostram a necessidade de um sistema de monitoramento efetivo capaz de enviar alarmes para cuidadores e para a equipe multidisciplinar (SUNDARAM, 2013), uma vez que a quantidade de pacientes e a distância destes pacientes às unidades de atendimento e a quantidade de profissionais disponíveis torna inviável a permanência de uma equipe acompanhando o paciente.

Este trabalho faz parte do projeto revELA. projeto TED 132/2018 - Desenvolvimento Científico e Tecnológico Aplicado a Esclerose Lateral Amiotrófica, cooperação técnica entre o Laboratório de Inovação Tecnológica em Saúde (LAIS) da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) e o Ministério da Saúde, aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa da UFRN sob o número CAAE 25687819.3.0000.5537.

O projeto é composto por diversas frentes de atuação sendo este trabalho resultado da implementação de um sistema para monitoramento de pessoas com ELA que devido às incapacidades trazidas pela doença necessitam de melhor acompanhamento por parte dos cuidadores e equipe profissional. (ABRELA, 2020).

Existem políticas que garantem direitos aos pacientes, dentre eles o fornecimento do medicamento Riluzol pelo SUS (BRASIL, 2002) e a dispensação do aparelho de ventilação mecânica não invasiva pela Secretaria de Saúde (BRASIL, 2008).

1.3 Objetivos

O objetivo geral deste trabalho é a implementação de um sistema de monitoramento para paciente com ELA, capaz de enviar alertas/alarmes para os cuidadores e equipe multidisciplinar responsável pelo acompanhamento do paciente.

Dentre os objetivos específicos destacam-se:

- Levantar os principais sinais vitais para monitoramento de pacientes com ELA;
- Efetuar um estudo acerca de ferramentas computacionais para o monitoramento de sinais vitais;
- Avaliar o desempenho da ferramenta proposta/utilizada;
- Analisar a viabilidade de banco de dados para uso em sistemas de monitoramento remoto.

1.4 Contribuições

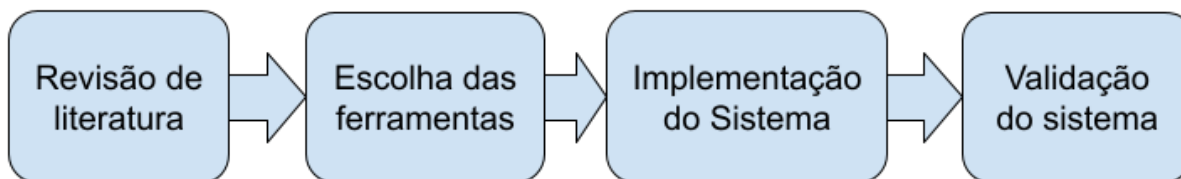
As principais contribuições deste trabalho são:

- Avaliação de banco de dados para armazenamento em sistemas de monitoramento;
- Desenvolvimento de uma plataforma de monitoramento visando a melhoria da qualidade de vida do paciente e cuidadores;
- Disponibilização de dados científicos sobre a evolução do estado físico dos pacientes para trabalhos futuros.

1.5 Metodologia

Inicialmente foi realizada uma revisão bibliográfica acerca da ELA enfatizando as principais características da doença e sinais e sintomas, destacando os principais sinais vitais que necessitam de acompanhamento efetivo em tempo real; revisão sobre o estado da arte de sistemas de monitoramento voltado para pacientes com ELA e/ou doenças raras com ênfase nas principais ferramentas matemáticas e técnicas de modelagem e implementação de sistemas computacionais. Por fim, foram escolhidas as ferramentas, implementado o sistema e procedido com a validação do mesmo (Figura 1).

Figura 1 - Fluxograma sequência metodológica



Fonte: Autor (2021).

Baseando-se na literatura e sistemas existentes foi iniciada a etapa de planejamento, modelagem e desenvolvimento. Foi realizada pesquisa a respeito da escolha das melhores ferramentas e tecnologias utilizadas no desenvolvimento de sistemas a fim de proporcionar melhor integração com os demais módulos do sistema, melhor manutenibilidade e melhor abordagem para armazenamento dos dados de acordo com o resultado da modelagem.

Antes da etapa de implementação do sistema foram estabelecidos os requisitos funcionais e não funcionais e a divisão do sistema com vistas a facilitar a produção do projeto como um todo. Desta etapa resultou a criação de diagramas que nortearam o desenvolvimento e implementação do sistema.

Após a modelagem dos dados e das entidades envolvidas na aplicação ocorre a divisão dos módulos do sistema e as melhores tecnologias para cada parte integrante.

Tomando-se banco de dados de sinais sintéticos, foi realizada a validação do sistema e elaboração de um relatório técnico apresentando todos os detalhes do sistema proposto.

1.6 Organização do Trabalho

Este trabalho está organizado em seis capítulos, sendo este primeiro o capítulo introdutório. No segundo capítulo consta o estado da arte de sistemas de monitoramento de pacientes. No Capítulo 3 é encontrada a revisão acerca da Esclerose Lateral Amiotrófica realizada. No capítulo 4 é apresentado o método proposto seguido para a realização deste trabalho. No capítulo 5 são apresentados os resultados alcançados ao passo que são feitas discussões sobre eles. No Capítulo 6 encontra-se a Conclusão do trabalho e possíveis trabalhos futuros.

2 ESTADO DA ARTE

Este capítulo apresenta os principais trabalhos que foram utilizados como referências bibliográficas para o desenvolvimento da proposta. O levantamento bibliográfico foi efetuado utilizando o portal Periódicos CAPES, analisando as publicações comuns ao tema dos últimos 10 anos, principalmente.

2.1 Sistemas de Monitoramento

Existem diversas propostas de monitoramento de pacientes em leito em internação hospitalar e em homecare.

Baga *et al.* (2009) apresentaram um sistema de monitoramento e gerenciamento para doenças neurodegenerativas, como a Doença de Parkinson (DP) e (ELA). O objetivo do sistema era monitorar os sintomas motores dos pacientes e auxiliar o clínico na avaliação do estado do paciente e da progressão da doença. O trabalho foca na implementação dos sensores em sistemas embarcados mostrando que os algoritmos de avaliação dos sinais podem ser executados no próprio embarcado, nos chamados dispositivos vestíveis, não necessitando do envio dos dados, para análise remota, em sistemas computacionais mais robustos. O dispositivo vestível detecta quedas e a posição do paciente e informa aos familiares. Outro dispositivo monitora Saturação periférica de oxigênio (SpO₂). Porém, a versão para ELA conta apenas com goniômetros e são realizados apenas testes periódicos para verificar a progressão da doença.

Sundaram (2013) desenvolveu um sistema de monitoramento baseado em tecnologia *web* e Android capaz de enviar mensagens ao celular dos médicos. Nele os sinais vitais do paciente como eletrocardiograma (ECG), frequência cardíaca (medida em Batimentos Por Minuto – BPM), frequência respiratória, temperatura, SpO₂ são adquiridos e os valores são inseridos no banco de dados. Ele também permite que os médicos enviem instantaneamente seus comentários para a estação de enfermagem. Notificações são enviadas para o médico em caso de anormalidade dos sinais vitais. Em sua implementação o sistema é alimentado de forma não automatizada, ou seja, os dados são inseridos manualmente.

Silva *et al* (2013) implementa um sistema que utiliza processamento de imagens para monitoramento dos parâmetros ventilatórios da VNI dos pacientes em

leitos hospitalares por meio da leitura da tela dos aparelhos de ventilação mecânica. Utiliza o reconhecimento de caracteres para realizar essa leitura a partir de algoritmos de visão computacional e os envia para um módulo que faz a análise utilizando lógica *fuzzy* e a partir da saída do algoritmo dispara ou não os alarmes.

Claudio *et al* (2018) apresentaram um sistema que utiliza tecnologia sem fios e processamento e comparação de ondas de eletroencefalografia (EEG) para permitir a comunicação de necessidades básicas por parte do paciente. Com o uso do algoritmo desenvolvido foi possível realizar a comunicação de necessidades fisiológicas básica.

Palumbo *et al.* (2020) ressalta que a importância da adoção de serviços de telemedicina durante a pandemia para pessoas afetadas por doenças crônicas é fundamental para garantir o acesso dessas pessoas aos serviços de saúde evitando o risco de infecção por COVID-19. Para garantir isso propõe um sistema inovador de monitoramento médico e teleconsulta baseado em nuvem para pessoas com ELA. O sistema consiste em dois módulos integrados. Um com o objetivo de visualizar e analisar os sinais eletromiográficos (EMG), eletrocardiográficos (ECG) e eletroencefalográficos (EEG). Outro armazenando os dados digitais usando uma plataforma *web* baseada em nuvem. O sistema propõe além do monitoramento dos sinais vitais a possibilidade de visualização de exames de imagem no formato DICOM, padrão utilizado em imagens médicas.

2.2 Resumo da Revisão Bibliográfica

Então, conforme discutido na seção anterior, os sistemas de monitoramento apresentam uma tendência para aplicação tanto *homecare* quanto hospitalar, utilizando principalmente ferramentas computacionais baseadas em sistemas web e dispositivos móveis. Dois terços dos trabalhos utilizam em algum momento processamento de sinais para análise de EMG, EEG e ECG. Durante a realização desta pesquisa surgiram diversos trabalhos sobre sistemas para diagnóstico e acompanhamento da evolução da doença. A Tabela 1 apresenta o resumo dos trabalhos analisados.

Tabela 1. Resumo da revisão bibliográfica.

REFERÊNCIA	TÉCNICA EMPREGADA	VALIDAÇÃO PRÁTICA
BAGA <i>et al</i> (2009)	Processamento de sinais, <i>hardware</i> baseado em vestíveis, acelerômetro, sensor SpO2.	Sim
SUNDARAM (2013)	Processamento de sinais, tecnologia <i>web</i> e Android (JAVA), sensores ECG e SpO2	Sim
SILVA <i>et al</i> (2013)	Processamento de imagens, parâmetros respiratórios dos pacientes em leitos hospitalares por meio da leitura da tela dos pares de VNI.	Sim
CLAUDIO <i>et al</i> (2018)	Processamento de sinais de EEG (16 canais e 250 amostras por segundo) para detectar as necessidades fisiológicas fome, dor e mudança de temperatura.	Sim
PALUMBO <i>et al</i> (2020)	Sistema de monitoramento médico e teleconsulta baseado em nuvem para pessoas com ela consistindo em dois módulos integrados. Um com objetivo de visualizar e analisar sinais de EMG, ECG e EEG. Outro armazenando os dados digitais usando uma plataforma <i>web</i> baseada em nuvem.	Sim

Fonte: Autor (2021)

3 ESCLEROSE LATERAL AMIOTRÓFICA

A Esclerose Lateral Amiotrófica (ELA) é uma doença degenerativa do sistema nervoso, que acarreta uma progressiva paralisia em decorrência da morte dos neurônios motores. Em alguns casos apresenta, além da perda do controle muscular, quadros de alteração da cognição do paciente (IRWIM; LIPPA; SWEARER, 2007). É incurável, porém, seus sintomas podem ser tratados tendo em vista uma melhor qualidade de vida do paciente. Neste capítulo serão apresentadas as principais características da ELA, enfatizando as principais demandas de monitoramento dos sinais vitais e parâmetros ventilatórios para os cuidadores e profissionais de saúde.

3.1 Histórico

O principal nome quando relacionado aos primeiros estudos envolvendo a ELA é Jean-Martin Charcot (1825–1893) que descreveu a doença em artigos publicados em 1874 e em palestras apresentadas no mesmo ano. Definiu as características clínicas e patológicas da ELA não apenas demonstrou a associação de fraqueza, fasciculação e espasticidade, mas também apontou o prognóstico e a falta de tratamento (MITSUMOTO; PRZEDBORSKI; GORDON, 2005).

Furtado *et al* (2011) aponta não haver consenso quanto à etiologia da ELA. Mesmo que algumas pesquisas demonstram evidências quanto à intoxicação por metais pesados, causas ambientais e ocupacionais, mutações genéticas, certas infecções virais e a realização de atividade física vigorosa como fatores para o desenvolvimento da doença.

3.2 Classificação

Os sinais e sintomas não apresentam ordenação ou cronologia em seu aparecimento podendo variar de um paciente para outro denotando classificações diferentes de acordo com a localidade em que os primeiros sintomas ou se acomete primeiramente o primeiro ou segundo neurônio motor. Os principais sinais e sintomas da ELA são listados abaixo:

- Fraqueza muscular progressiva;
- Fasciculação (tremor no músculo);

- Espasticidade (rigidez muscular);
- Problemas de coordenação;
- Perda de massa muscular;
- Fadiga ou sensação de desmaio;
- Falta de ar ou falta de ar ao deitar-se;
- Dificuldade de fala ou espasmo das cordas vocais;
- Dificuldade de deglutir.

Embora seja classicamente descrita como uma doença motora pura, há evidências crescentes de uma variedade de comprometimento cognitivo incluindo deficiências nas habilidades executivas frontais e quadros de demência frontotemporal (DFT) (IRWIM; LIPPA; SWEARER, 2007).

Dados os sinais e sintomas da doença temos as classificações:

- Quanto à etiologia:
 - Esporádica
 - Familiar
 - Guamanian
- Quanto ao início dos sintomas:
 - Clássica (Apendicular);
 - Bulbar

Esporádica refere-se aos casos em que não há uma causa bem definida não havendo qualquer caso de ELA familiar. Por outro lado, a ELA familiar, como o nome sugere, é resultado de fatores genéticos. A ELA Guamanian recebe este nome devido a descoberta de uma região, Ilha de Guam, onde havia uma endemia de ELA (MITSUMOTO; PRZEDBORSKI; GORDON, 2006).

Considerando a manifestação dos sintomas tem-se a clássica ou apendicular devido o início dos sintomas serem mais aparentes no esqueleto apendicular, ou seja, partes do corpo como membros inferiores e superiores (não inclui cabeça, pescoço e o tronco). A ELA bulbar se inicia pelos sintomas dificuldade de fala ou espasmo das cordas vocais, dificuldade de deglutir ou outros problemas nessa região (MITSUMOTO; PRZEDBORSKI; GORDON, 2005) (BROMBERG; Mark B.; BROMBERG, Diane B., 2017).

3.3 Tratamento

Como descrito por Charcot a doença não tem cura e até hoje não existe uma cura conhecida para esta doença. Oliveira (2006) tem argumentos que podem explicar, por exemplo, a falta de medicamentos.

Incurável não é sinônimo de que o paciente não possa ser tratado. O tratamento é feito com os chamados cuidados paliativos. Os cuidados são dispensados à pessoa com ELA por meio da avaliação cuidadosa e multidisciplinar dos problemas vivenciados - físicos, psicossociais e espirituais. Este cuidado deve ser fornecido por todos os profissionais de saúde e assistência social, mas pode haver necessidade de mais serviços especializados para se envolver com as questões mais difíceis (OLIVER, 2014).

No ambulatório do Hospital Universitário Onofre Lopes (HUOL), por exemplo, a equipe é formada por profissionais da neurologia, nutrição, fisioterapia, psicologia e fonoaudiologia.

É necessário acompanhamento contínuo desses profissionais e para isso consultas são realizadas mensal, trimestral ou semestralmente a depender da evolução da doença e do comprometimento das funções vitais da pessoa com ELA.

Em virtude da progressão inevitável da doença, alguns pacientes perdem o controle da musculatura inspiratória dificultando a respiração. No tratamento deste sintoma utiliza-se a ventilação mecânica não-invasiva (VNI) (JUNIOR, 2013). Um fisioterapeuta é responsável pela configuração do aparelho e acompanhamento deste tratamento e da verificação de sua efetividade, atualizando constantemente os parâmetros ventilatórios.

Engel *et al* (2021) sugere que uma vez indicada, a VNI, usada adequadamente, leva a um prolongamento significativo da expectativa de vida. Complementa, ainda, que a pesquisa realizada apresenta a VNI, para pacientes com ELA, é um tratamento real e não um mero paliativo devido ao aumento significativo na taxa de sobrevida.

Bourke *et al* (2003) ressalta em seus estudos uma sobrevida média após o início bem-sucedido da VNI de 512 dias, e a sobrevida e a duração do benefício na qualidade de vida (QV) foram fortemente relacionadas à adesão à VNI.

Há indicação de o tratamento ocorrer na casa do paciente por não ser necessária internação no hospital essa modalidade de cuidado em ambiente

domiciliar é conhecida como home care. Nela a pessoa com ELA é acompanhada constantemente por um cuidador. Todavia, por mais completo que seja, o ambiente domiciliar não dispensa o monitoramento constante por parte da equipe multidisciplinar para o acompanhamento adequado da situação do paciente.

Para garantir o acesso às condições de tratamento e a constância do acompanhamento dos pacientes pode ser usado um sistema computacional para realizar o monitoramento. Isso proporciona à família e ao paciente o sentimento de proximidade com a equipe multidisciplinar próxima e permitindo aos profissionais responsáveis uma intervenção mais rápida e tratamento mais efetivo aumentando o tempo de sobrevivência e, principalmente, melhorando a qualidade de vida do paciente. Um sistema de monitoramento específico para pessoas com ELA foi proposto por Silva *et al* (2013), porém sua utilização foi indicada e testada apenas em ambiente hospitalar.

3.4 Variáveis para monitoramento

Existem diversas variáveis importantes para monitoramento de pacientes tanto no ambiente hospitalar quanto em homecare. Dentre os sinais vitais e parâmetros ventilatórios para monitoramento de pacientes com ELA algumas apresentam maior relevância (PISANO *et al.*, 1995); (SHIMIZU *et al.*, 1996); (MURATA *et al.*, 1997); (BOURKE *et al.*, 2003); (COCO *et al.*, 2006); (BAGA *et al.*, 2009); (PINTO, Susana; PINTO Anabela; DE CARVALHO, 2012); (SILVA *et al.*, 2013); (SANCHO *et al.*, 2014); (PRELL *et al.*, 2015):

- SpO₂: Saturação periférica de Oxigênio diz respeito à quantidade de oxigênio presente no sangue. Também é chamada de SaO₂;
- PA: Pressão Arterial;
- BPM: Batimentos Por Minuto, refere-se à frequência cardíaca;
- Temperatura corporal do paciente;
- VC: Volume Corrente de ar enviado aos pulmões pelo ventilador mecânico;
- PEEP: *Positive End-Expiratory Pressure* indica a pressão expiratória final alveolar mantida acima da atmosférica medida no fim da expiração.
- Fuga de ar: Quantidade de ar enviada pelo ventilador mecânico não inserida no pulmão.

4 MÉTODO PROPOSTO

Neste capítulo será apresentada a metodologia proposta para implementação do sistema de monitoramento aplicado a pacientes com ELA. O sistema foi implementado utilizando a linguagem de programação *Javascript* em todos os módulos. Sendo realizada a elicitação de requisitos por meio de ferramentas como entrevistas e visitas aos locais onde serão utilizados o sistema.

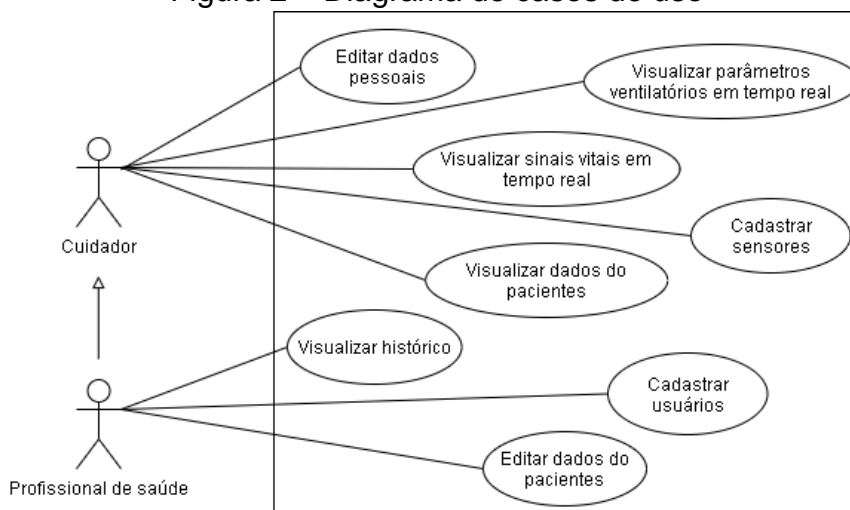
4.1 Elicitação de requisitos

Na análise de requisitos foram realizadas entrevistas com profissionais atuantes no ambulatório que atende os pacientes com ELA para elencar as funcionalidades necessárias ao sistema e as informações cruciais ao monitoramento do tratamento do paciente para proporcionar maior sobrevida e mais qualidade de vida para estes pacientes.

Os casos de uso são uma técnica de descoberta de requisitos introduzida inicialmente por Karner (1993) no trabalho intitulado *Resource Estimation for Objectory Projects* atualmente são apresentados por um diagrama de casos de uso especificado na linguagem UML.

Os casos de uso são detalhados em sequência abaixo da Figura 2 que apresenta o diagrama de casos de uso. Eles estão detalhados em forma de tabelas começando da Tabela 2 – Caso de uso “Cadastrar usuários” e indo até a Tabela 9 – Caso de uso “Cadastrar usuários”.

Figura 2 – Diagrama de casos de uso



Fonte: Autor (2021).

Tabela 2 – Caso de uso “Cadastrar usuários”

Caso de uso “Cadastrar usuários”	
Atores	Profissionais de saúde
Descrição	Este caso de uso serve para cadastrar os usuários, sejam eles cuidadores ou outros profissionais de saúde
Dados	O módulo de administração recebe os dados gerais do usuário, como nome, idade, sexo e nível de escolaridade
Estímulos	Comando de usuário emitido pelo profissional de saúde solicitando ao módulo o formulário para cadastro do usuário
Resposta	O formulário de cadastro é enviado para o profissional de saúde
Comentários	O formulário de cadastro de paciente deve sempre conter também questões relacionadas ao contato deste usuário

Fonte: Autor (2021)

Tabela 3 – Caso de uso “Editar dados do paciente”

Caso de uso “Editar dados do paciente”	
Atores	Profissional de saúde
Descrição	Este caso de uso serve para que sejam atualizados os dados do paciente
Dados	De acordo com a necessidade de atualização
Estímulos	Comando de usuário emitido pelo profissional solicitando alteração dos dados do paciente
Resposta	Mensagem de atualização efetuada com sucesso e exibição dos dados atualizados
Comentários	Pode ser realizada apenas pelo profissional de saúde

Fonte: Autor (2021)

Tabela 4 – Caso de uso “Visualizar histórico”

Caso de uso “Visualizar histórico”	
Atores	Profissionais de saúde
Descrição	Este caso de uso serve para acessar o histórico das medições realizadas ao longo do período de acompanhamento do paciente
Dados	Séries temporais das variáveis de acordo com a solicitação do profissional de saúde
Estímulos	Comando de usuário emitido pelo profissional de saúde solicitando o histórico das variáveis.
Resposta	Conjunto de séries temporais das variáveis solicitadas
Comentários	caso não seja especificado um período deve ser retornado o das últimas 24 horas.

Fonte: Autor (2021)

Tabela 5 – Caso de uso “Visualizar dados do paciente”

Caso de uso “Visualizar dados do paciente”	
Atores	Cuidador e profissional de saúde
Descrição	Este caso de uso serve para permitir a visualização dos dados cadastrais do paciente
Dados	Todos os dados cadastrais do paciente
Estímulos	Comando de usuário emitido ao sistema solicitando tais dados
Resposta	Todas as informações cadastrais do paciente são enviadas
Comentários	O cuidador apenas pode visualizar os dados. Caso queira fazer atualizações deve solicitar ao profissional de saúde

Fonte: Autor (2021)

Tabela 6 – Caso de uso “Cadastrar sensores”

Caso de uso “Cadastrar sensores”	
Atores	Cuidadores e profissionais de saúde
Descrição	Este caso de uso serve para adicionar novos sensores de monitoramento do paciente
Dados	Os dados dependerão do sensor a ser adicionado e de suas configurações
Estímulos	Comando de usuário emitido pelo cuidador ou profissional de saúde solicitando cadastro de sensores
Resposta	Formulário para cadastro do(s) sensor(es)
Comentários	Pode ser realizado pelo cuidador e pelo profissional de saúde

Fonte: Autor (2021)

Tabela 7 – Caso de uso “Visualizar sinais em tempo real”

Caso de uso “Visualizar sinais em tempo real”	
Atores	Cuidador e profissional de saúde
Descrição	Este caso de uso serve para visualização dos valores das variáveis monitoradas tão logo sejam enviadas ao sistema
Dados	Dados das variáveis monitoradas pelos sensores de acordo com os sensores cadastrados para cada paciente
Estímulos	Entrada no sistema
Resposta	Lista contendo os valores das variáveis
Comentários	Ao ser efetuado login no sistema será sempre a primeira informação enviada e exibida a quem fez o login.

Fonte: Autor (2021)

Tabela 8 – Caso de uso “Visualizar parâmetros ventilatórios em tempo real”
Caso de uso “Visualizar parâmetros ventilatórios em tempo real”

Atores	Cuidador e profissional de saúde
Descrição	Este caso de uso serve para visualização dos valores das variáveis monitoradas tão logo sejam enviadas ao sistema
Dados	Dados das variáveis monitoradas pelos sensores de acordo com os sensores cadastrados para cada paciente
Estímulos	Entrada no sistema
Resposta	Lista contendo os valores das variáveis
Comentários	Ao ser efetuado login no sistema será sempre a primeira informação enviada e exibida a quem fez o login.

Fonte: Autor (2021)

Tabela 9 – Caso de uso “Cadastrar usuários”

Caso de uso “Editar dados pessoais”

Atores	Todos os usuários com acesso ao sistema
Descrição	Este caso de uso serve para que qualquer usuário com acesso ao sistema mantenha seus dados pessoais corretos atualizados
Dados	De acordo com a necessidade de cada usuário
Estímulos	Comando de usuário emitido ao sistema solicitando edição dos dados pessoais
Resposta	Confirmação de alteração e lista contendo os novos dados
Comentários	-

Fonte: Autor (2021)

Antes da etapa de desenvolvimento, deve-se estabelecer os requisitos funcionais e não funcionais e a divisão do sistema para facilitar o desenvolvimento do projeto como um todo. Deste trabalho resulta a criação de diagramas que nortearão o desenvolvimento e implementação do sistema.

Segundo Sommerville (2011) a especificação de *software* também conhecida como engenharia de requisitos é o processo de compreensão e definição dos serviços requisitados do sistema (requisitos funcionais) e a identificação das restrições relativas à operação e desenvolvimento do sistema (requisitos não funcionais).

A Figura 2 – Diagrama de casos de uso apresenta o diagrama criado e as tabelas a seguir contêm os requisitos extraídos das entrevistas e da literatura e estão divididos em duas tabelas, Tabela 10 – Requisitos funcionais, e Tabela 11 – Requisitos NÃO funcionais.

Tabela 10 – Requisitos funcionais

(continua)

Código	Identificação	Prioridade	Ator	Objetivo
RF001	Efetuar Login	02	Usuário	Permitir que o usuário se conecte ao sistema.
RF002	Editar dados pessoais	01	Usuário	Manter os dados atualizados para eventual contato da equipe multidisciplinar.
RF003	Visualizar sinais vitais em tempo real	00	Usuário	Manter os usuários cientes da situação real do paciente.
RF004	Visualizar parâmetros ventilatórios	02	Usuário	Manter usuários atualizados do funcionamento da VNI.

Tabela 2 – Requisitos funcionais

(conclusão)

Código	Identificação	Prioridade	Ator	Objetivo
RF005	Visualizar dados do paciente	02	Usuário	Para que os usuários possam conferir quaisquer discrepâncias.
RF006	Visualizar histórico	03	Usuário	Permitir que a equipe médica possa checar a evolução dos tratamentos.
RF007	Cadastrar sensores	00	Usuário	Permitir que sejam alterados os sensores que monitoram o tratamento.
RF008	Cadastrar usuários	00	Usuário	Permitir adicionar novos pacientes ao sistema.
RF009	Editar dados dos pacientes	01	Usuário	Permitir a atualização cadastral dos pacientes
RF010	Emitir notificação de alertas/alarmes	01	Sistema	Alertar cuidadores quanto à necessidade de cuidados de emergência.

Fonte: Autor (2021).

Tabela 11 – Requisitos NÃO funcionais

(continua)

Código	Classificação	Tipo	Objetivo
RNF001	Essencial	Compatibilidade	O produto será desenvolvido para <i>smartphones</i> Android versão 4.4ou superior.
RNF002	Essencial	Usabilidade	Após entrar no sistema o usuário terá acesso direto aos sinais vitais sem necessitar nenhuma ação.
RNF003	Desejável	Usabilidade	As funções devem ser acessíveis com no máximo três toques na tela.

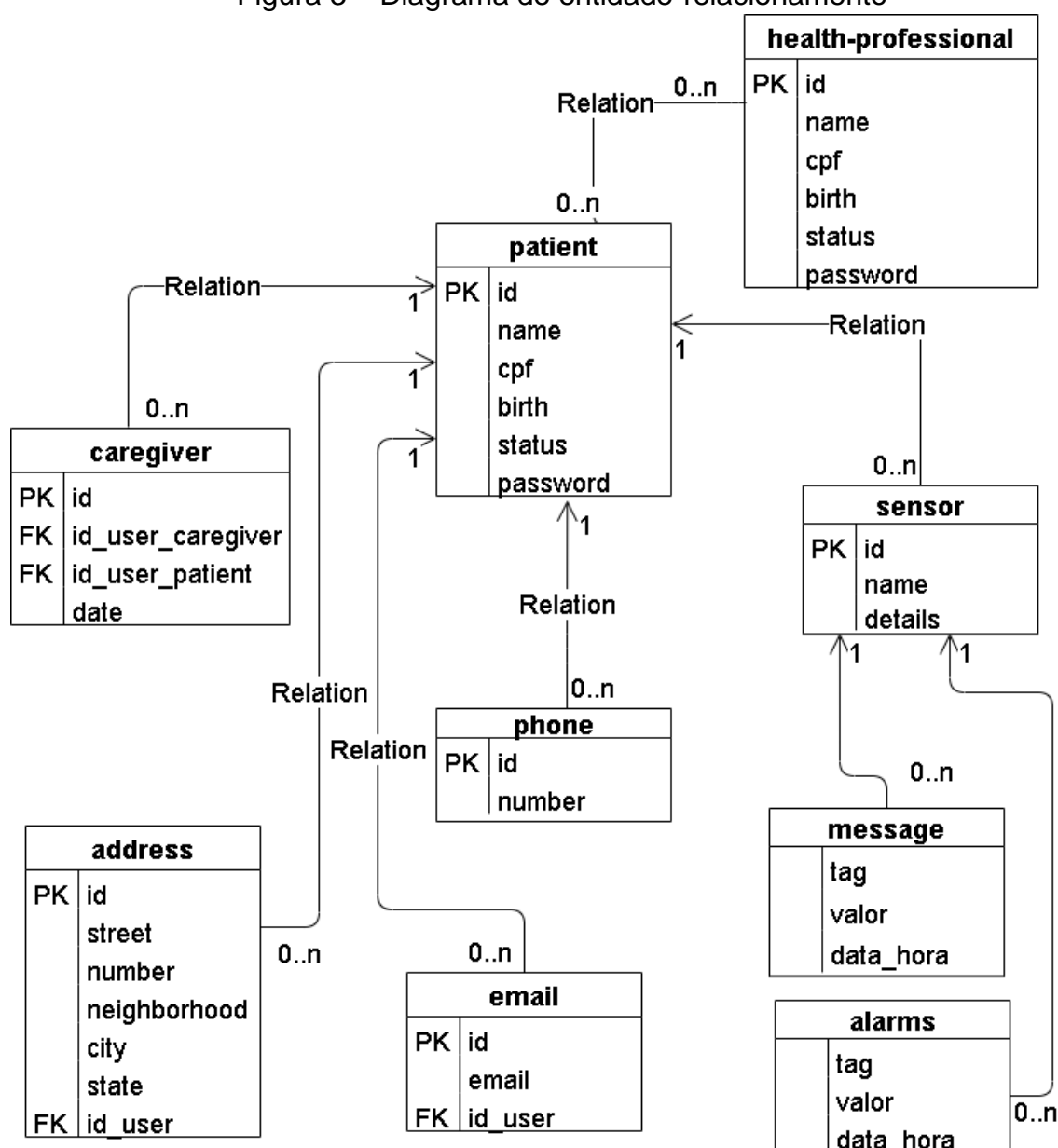
Tabela 3 – Requisitos NÃO funcionais

(conclusão)

Código	Classificação	Tipo	Objetivo
RNF004	Essencial	Segurança	Os dados devem estar protegidos, acessados apenas com autorização
RNF005	Essencial	Segurança	Os dados dos sensores devem usar códigos para reduzir a

Fonte: Autor (2021).

Figura 3 – Diagrama de entidade-relacionamento



Fonte: Autor (2021)

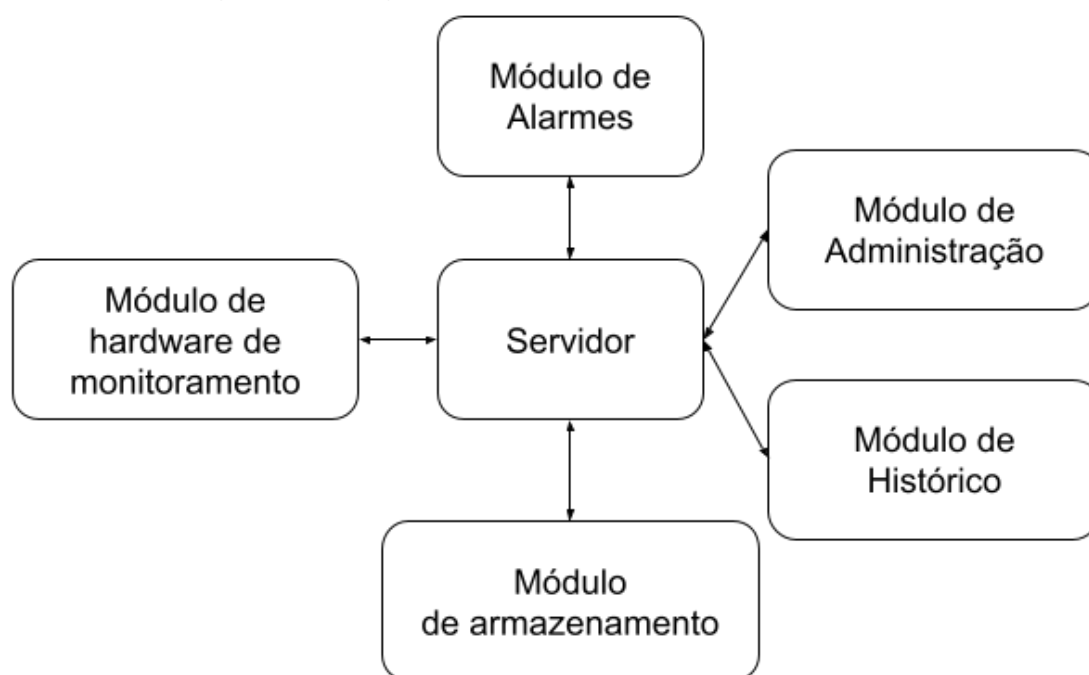
A partir dos requisitos pode-se extrair as entidades do sistema. Entidades podem ser entendidas como as partes que precisam ser salvas no banco. Dentre as diversas formas de apresentação e modelagem dessas entidades e a relação entre elas foi usado o diagrama de entidade-relacionamento (semelhante ao diagrama de classe UML) conforme visto na Figura 3.

Vale ressaltar que devido a utilização de mais de um sistema gerenciador de banco (SGBD) de dados, os relacionamentos nem sempre serão gerenciados diretamente pelo SGBD.

4.2 Arquitetura do sistema

A arquitetura do sistema é apresentada na Figura 4, contendo os módulos que compõem a plataforma de *software*: módulo de alarmes, módulo de *hardware* de monitoramento, módulo de administração, módulo de histórico, módulo de armazenamento de dados e módulo servidor.

Figura 4 - Diagrama de blocos da arquitetura do *software*



Fonte: Autor (2021).

O módulo de alarmes consiste numa aplicação móvel para *smartphones* e *tablets* dotada da capacidade de emitir notificações e alarmes quando da necessidade do paciente em virtude de alteração nos sinais vitais ou dos parâmetros

ventilatórios. A necessidade da notificação se dá devido a alguns parâmetros não serem visíveis aos cuidadores como, por exemplo, a redução da saturação periférica de oxigênio na circulação sanguínea do paciente.

O módulo de *hardware* de monitoramento é a parte do sistema responsável pela aquisição e aferição dos sinais vitais (SpO2, PA, BPM, temperatura) do paciente e os parâmetros ventilatórios (VC, VT, PEEP) configurados pelo fisioterapeuta para auxiliar na respiração adequada do paciente. Todavia, este módulo está além do escopo da implementação deste trabalho, sendo utilizada apenas os dados enviados por este.

O módulo de administração é utilizado para o cadastro de novos usuários e pela manutenção dos dados pessoais e alteração quanto a níveis de acesso, por exemplo, deixando o sistema e os dados mais seguros no que se refere a acesso não autorizado.

O módulo de histórico permite aos profissionais de saúde visualizarem os dados antigos do paciente enviados pelo módulo de *hardware*. Pode ser utilizado para verificação das condições do paciente e da evolução dos sinais vitais e dos parâmetros ajustados.

O módulo de armazenamento de dados é o módulo no qual serão arquivadas todas as variáveis monitoradas em forma de séries temporais e todos os dados dos usuários do sistema em um banco de dados relacional.

O módulo servidor é responsável por gerenciar todas as regras de negócios do sistema e pela comunicação com os sistemas de *hardware*, de administração e pelo envio dos dados para armazenamento, bem como a recuperação destes dados para a exibição pelo módulo de histórico.

4.3 Tecnologias utilizadas

Após a modelagem dos dados e das entidades envolvidas na aplicação ocorre a divisão dos módulos do sistema e são escolhidas as melhores tecnologias para cada parte integrante, como as linguagens utilizadas e os sistemas gerenciadores para bancos de dados e as bibliotecas que proporcionarão a linguagem a capacidade de acesso a estes bancos de dados.

A linguagem de programação escolhida foi o *JavaScript* por poder ser utilizada em todos os módulos do sistema tanto no *back-end/front-end* por meio do *framework NodeJS* e da biblioteca *ReactJS*, respectivamente, quanto em aplicações para

celulares com a tecnologia *React Native* capaz de gerar aplicações para os sistemas Android e IOS. Com isso o mesmo time de desenvolvedores não precisa de conhecimentos em mais de uma linguagem, facilitando a implementação e a troca de desenvolvedores de acordo com a necessidade do projeto.

O módulo de administração foi desenvolvido com a biblioteca de *ReactJS* no *front-end*, que utiliza como base o *NodeJS*, framework utilizado no desenvolvimento do *back-end*, na versão *LTS* nº 10 ou superior.

Como mencionado, o aplicativo de monitoramento para os cuidadores foi uma aplicação móvel (*mobile*) desenvolvida com o *framework* de desenvolvimento de aplicações multiplataforma *React Native* que permite o desenvolvimento de aplicação tanto para Android quanto IOS com pouca ou nenhuma alteração no código fonte.

A comunicação entre os módulos é efetuada utilizando a tecnologia *WebSocket* (WS), a qual foi escolhida por permitir a troca de mensagens de forma bidirecional. É bastante performática e utiliza pouco consumo de recursos de rede. O *NodeJS* integra muito bem com esse protocolo e possui uma biblioteca muito utilizada chamada *Socket.io* que foi utilizada para permitir a aplicação desta tecnologia no projeto.

Dentre outras bibliotecas utilizadas destacam-se: *Express* um *framework* para aplicativo da web do *Node.js* mínimo e flexível que fornece um conjunto robusto de recursos para aplicativos web e móvel fornece uma camada fina de recursos fundamentais para aplicativos da *web*, sem obscurecer os recursos do *NodeJS*; *Knex.js* (*SQL query builder*) uma biblioteca para elaboração de consultas e inserção em banco de dados SQL como *Postgres*, *MSSQL*, *MySQL*, *MariaDB*, *SQLite3*, *Oracle*, e *Amazon Redshift*; e *node-influx* um cliente *InfluxDB* para *Node.js* e navegadores. Sendo as duas últimas utilizadas na construção das estruturas e povoamento dos bancos de dados.

No módulo de armazenamento de dados foram escolhidos dois bancos de dados, um para os dados das variáveis monitoradas modeladas como séries temporais e outro relacional para armazenamento das informações utilizadas pelo módulo de administração. Foi escolhido o *PostgreSQL* versão 12 como banco de dados relacional devido respeitar as premissas de ser uma plataforma livre (*open-source*) e possuir uma grande comunidade e estar entre os quatro Sistemas

Gerenciadores de Bancos de Dados (SGDB) com maior pontuação no *ranking* BD-Engines (DBENGINES, 2021).

A escolha de um banco de séries temporais necessitou da realização de uma comparação entre bancos de dados para séries temporais (TSDB, do inglês *Time Series Data Base*), com o intuito de encontrar um modelo matemático que mais se adequasse à proposta do trabalho. Ele permitirá o armazenamento de dados referentes à utilização de equipamentos de ventilação mecânica não invasiva e alguns sinais vitais do paciente.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo serão apresentados os resultados obtidos com o sistema proposto para monitoramento de pacientes com ELA. O sistema foi desenvolvido utilizando a linguagem *JavaScript* e comunicação bidirecional via *websocket* e armazenamento com os bancos de dados InfluxDB e PostgreSQL. Também serão apresentados os testes comparativos entre bancos de dados de séries temporais.

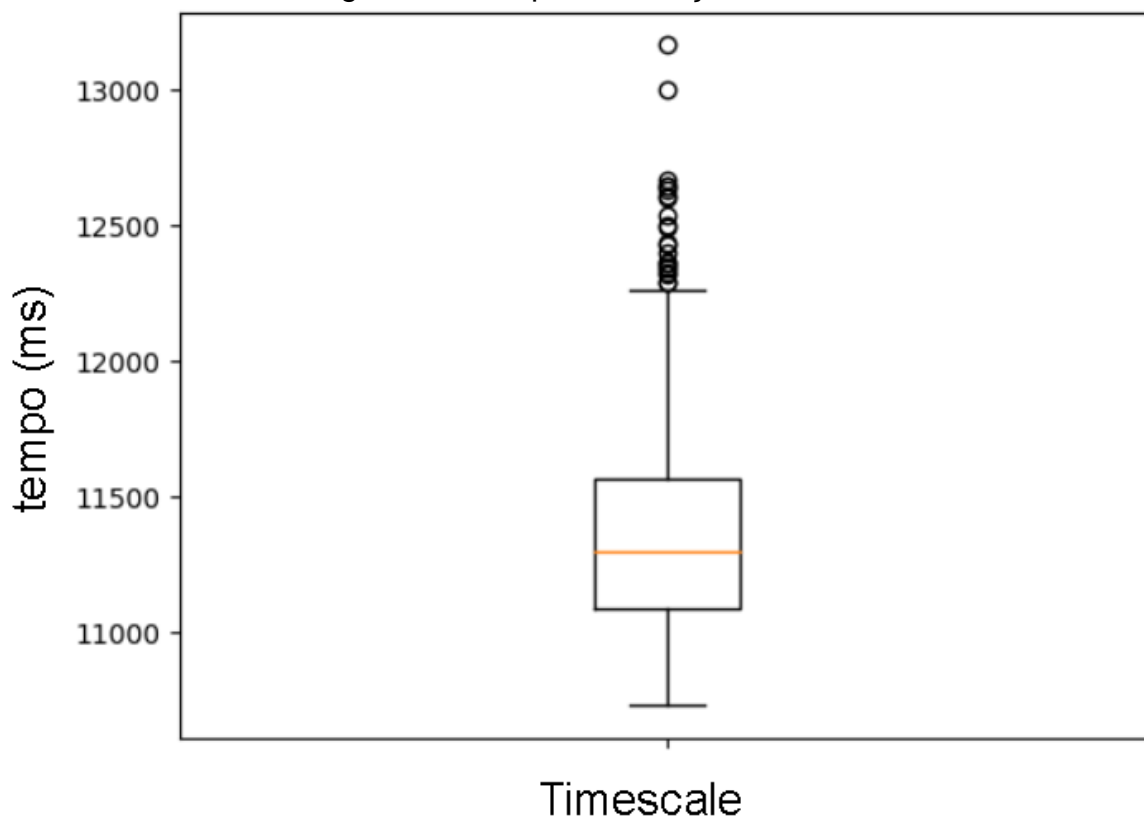
5.1 Análise dos bancos de dados

A análise dos bancos de séries temporais foi feita com base na classificação apresentada no DB-Engines (DBENGINES, 2021) que publica mensalmente um estudo comparativo entre diversos bancos de dados levando em consideração as seguintes variáveis: número de menções ao sistema em sites, interesse geral pelo sistema (frequência de pesquisas no Google Trends), frequência de discussões técnicas sobre o sistema, número de ofertas de emprego (em que o sistema é mencionado), quantidade de perfis em redes profissionais em que o sistema é mencionado, relevância nas redes sociais (Twitter).

Foram considerados os bancos de dados com licença *open-source*. Outro critério de escolha foi a facilidade de buscas na documentação dos TSDB e no GitHub por bibliotecas e *Application Programming Interface* (API) que permitissem a integração com o *JavaScript* e *NodeJS*, pois foram as tecnologias adotadas.

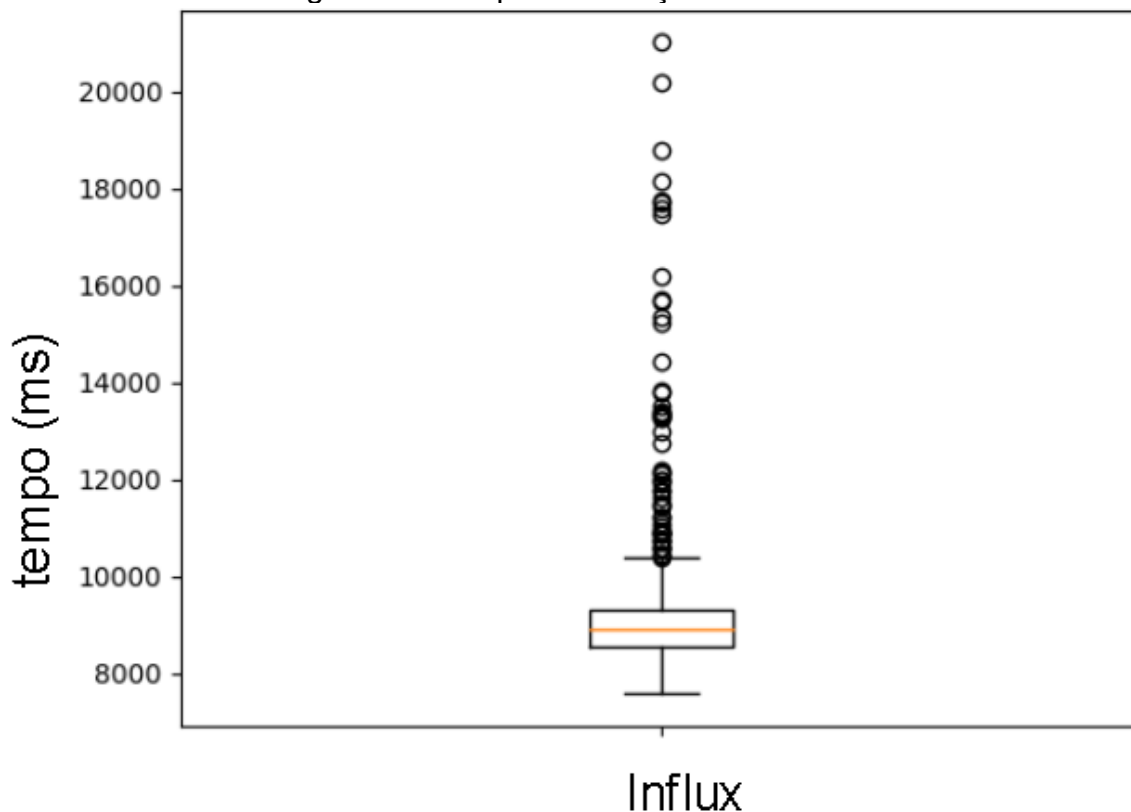
Foi realizado teste para avaliar a capacidade de inclusão dos bancos e se haveria ou não perda de dados devido a quantidade de requisições. A Figura 5 mostra um gráfico com a inclusão de conjuntos de dados no Timescale e a Figura 6 apresenta um gráfico elaborado com o tempo gasto para a inserção da mesma quantidade de dados no InfluxDB. Na Figura 7 são apresentados ambos os gráficos lado a lado para facilitar a comparação utilizando a mesma escala.

Figura 5 – Tempo de inserção Timescale



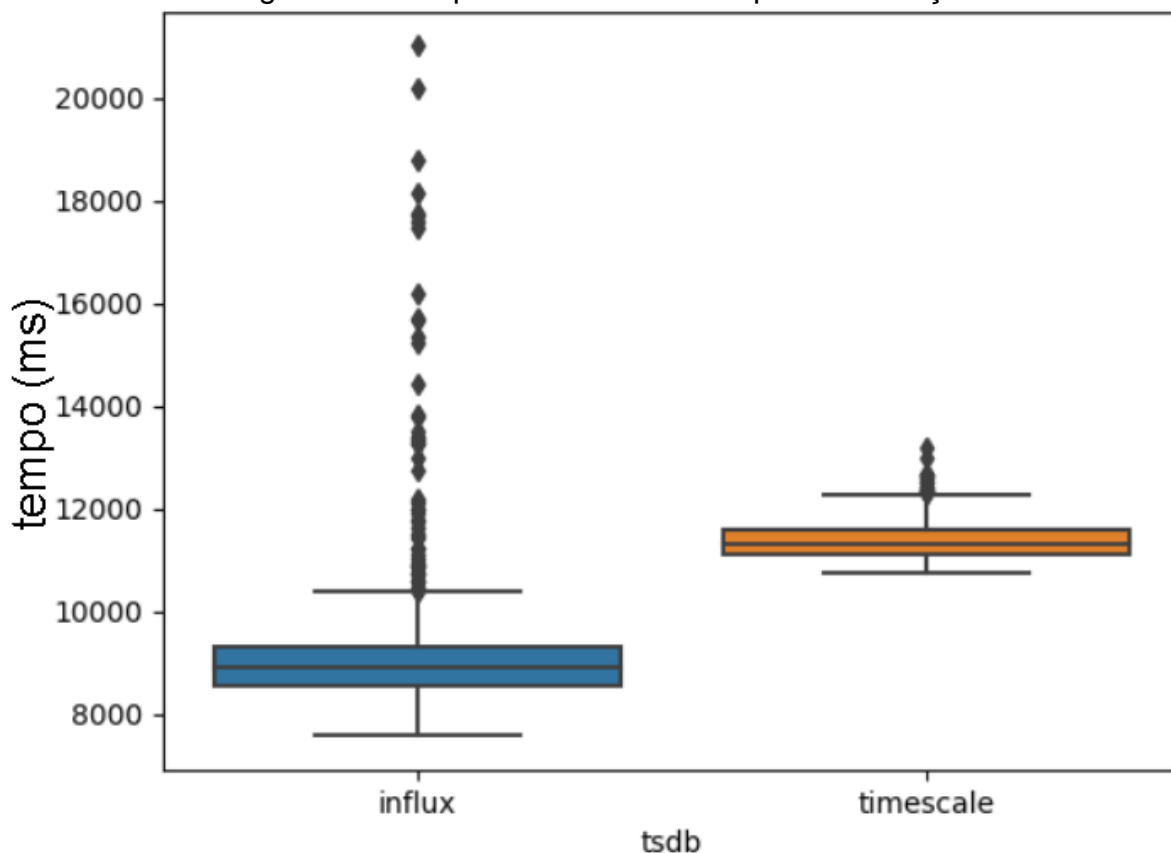
Fonte: Autor (2021).

Figura 6 – Tempo de inserção InfluxDB



Fonte: Autor (2021).

Figura 7 – Comparativo entre os tempos de inserção



Fonte: Autor (2021).

5.2 Interface gráfica do aplicativo

As telas foram desenvolvidas tomando como referência as cores do logo do projeto revELA e obedecendo os requisitos não funcionais de usabilidade com vistas a reduzir a necessidade de interação do usuário para chegar na tela contendo os sinais vitais do paciente. Então, as telas foram implementadas utilizando a tecnologia de desenvolvimento *mobile React Native*, sendo que os requisitos não funcionais no aspecto de usabilidade guiaram o desenvolvimento da sequência de telas, visando a simplicidade na utilização do aplicativo.

A Figura 8 apresenta a tela inicial do aplicativo com o botão contendo o texto "Entrar", responsável por guiar o usuário para realizar o acesso ao sistema com um texto "Faça *login* para entrar" ressaltando a necessidade do *login*, requisito de segurança do sistema.

Figura 8 – Tela inicial da aplicação



Fonte: Autor (2021).

Após o cuidador/profissional efetuar o *login* no sistema ele será direcionado para uma segunda tela (Figura 9), que apresenta os dados (variáveis) do monitoramento: PA (Pressão Arterial), SaO2 (Saturação de Oxigênio no sangue), RPM (movimento Respiratório Por Minuto), BPM do coração (número de Batimentos Por Minuto).

Na tela de monitoramento, além de apresentar o valor da variável aferida, apresenta um código de cores para enfatizar a situação do paciente. Este código está em formato de uma barra de cores, apresentando três valores de codificação: a barra vermelha indica valores críticos (*Status Ruim*); a barra amarela indica valores que necessitam de atenção e intervenção por parte do cuidador (*Status Atenção*); a barra verde indica que a variável está em conformidade com os valores pré-estabelecidos (normais) para o paciente (*Status Bom*).

O aplicativo automaticamente coloca em evidência o valor mais crítico que necessita de atenção com urgência por parte do cuidador. Por exemplo, na Figura 8 observa-se que está em evidência a PA do paciente com um texto que indica o *status* Ruim (codificação vermelha). O texto foi adicionado para proporcionar maior acessibilidade, uma vez que algumas pessoas não distinguem corretamente as cores. Os valores 90 e 80 são referentes às pressões sistólica e diastólica, respectivamente. Observe que abaixo estão os valores das outras variáveis monitoradas, assim como seus estados de observação. Caso mais de uma variável apresente estado crítico concomitantemente será evidenciada a última variável recebida pelo aplicativo.

Figura 9 – Tela Principal com informações dos sinais vitais do paciente

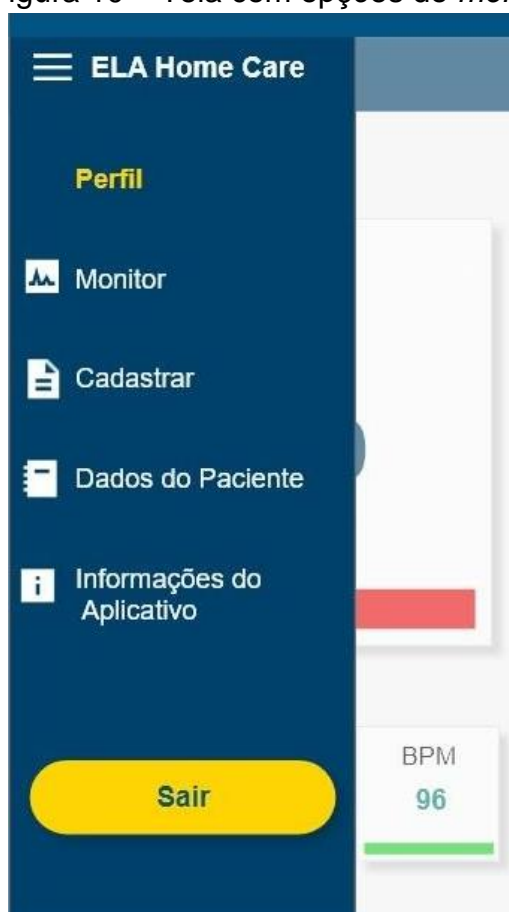


Fonte: Autor (2021).

A partir da tela principal (Monitor), Figura 9, pode ser acessado um *menu* apresentado na Figura 10 contendo as opções que podem ser acessadas pelo usuário. As quatro opções são: perfil, monitor, cadastrar, dados do paciente, informações do aplicativo e um botão com a opção sair.

Em Perfil podem ser alteradas as informações pessoais do usuário; a opção monitor retorna para a tela de principal; cadastrar permite o cadastramento de um novo sensor; dados do paciente apresentam as informações pessoais do paciente, não permite alterações dos dados do paciente por segurança; em Informações do aplicativo são apresentadas informações como a versão do aplicativo e o botão sair com o mesmo formato do botão entrar para facilitar o entendimento do usuário que o botão encerrará a sessão do usuário parando a comunicação com o servidor.

Figura 10 – Tela com opções do *menu*



Fonte: Autor (2021).

Nas Figuras 11, 12 e 13 são apresentadas as notificações. A forma como a situação chega ao cuidador e/ou profissional de saúde. As notificações cumpriram a função de transmitir as informações das alterações indevidas nos valores das variáveis monitoradas.

Figura 11 – Notificação gerada pelo valor da saturação de oxigênio



Fonte: Autor (2021).

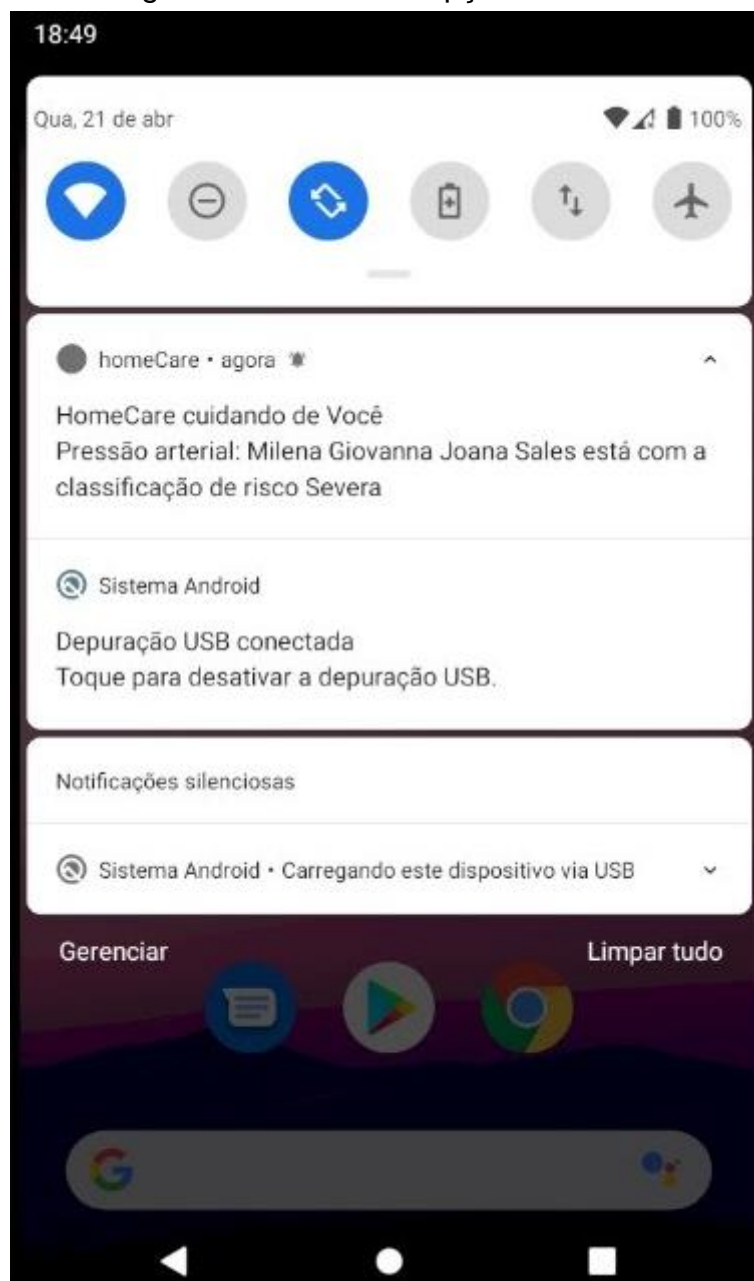
Figura 12 – Notificação gerada pelo valor da frequência cardíaca



Fonte: Autor (2021).

A Figura 11 apresenta uma notificação gerada a partir da análise do valor da variável Saturação de oxigênio. Na Figura 12 o motivo da notificação foi alteração na frequência cardíaca. Na Figura 13 a notificação foi enviada devido alteração na pressão arterial do paciente.

Figura 13 – Tela com opções do *menu*



Fonte: Autor (2021).

6 CONCLUSÕES

A proposta deste trabalho era realizar implementação de uma plataforma capaz de realizar o monitoramento efetivo do paciente dotado da capacidade de avaliar as variáveis monitoradas e a partir destes resultados disparar alarmes e emitir notificações para os cuidadores e profissionais da equipe de saúde responsáveis pelo paciente.

Dentre as tecnologias utilizadas para a implementação do sistema a de armazenamento das variáveis monitoradas foi pouco explorado na literatura. Um banco de dados específico para séries temporais, cuja função é o armazenamento dos valores das variáveis em função do tempo, foi escolhido após a modelagem dos dados e, em virtude da falta de discussões acerca do tema na área de sistema para saúde, este trabalho acabou por aprofundar um pouco nessa parte. Foram realizados pesquisas e testes de alguns dos bancos de dados para esta finalidade resultando na escolha do InfluxDB. Durante os testes de implementação do sistema não houve perda de informação na utilização InfluxDB validando a escolha deste para integrar o módulo de armazenamento de dados de forma efetiva.

Algumas partes do sistema ainda estão em fase de desenvolvimento. As funções de monitoramento e notificação já estão em funcionamento e apresentando bons resultados e estabilidade. As notificações apresentaram o comportamento dentro do esperado e nenhuma das notificações, no período de teste, ultrapassou o limite de tempo de um segundo para constar no aparelho do cuidador.

Para trabalhos futuros podem ser incluídos no sistema a personalização das notificações com cores e sinais sonoros específicos. Pode ser adicionado um módulo para serem salvas e avaliadas as ações tomadas pelos cuidadores diante de cada notificação ou alarme do sistema a fim de proporcionar dados para estudos futuros e melhorar os procedimentos para a elaboração de manuais para instruir e formar cuidadores de pacientes com ELA.

O aplicativo precisa de uma versão que permita maior acessibilidade contando com cores e sons para promover maior inclusão no uso da plataforma.

Também poderá ser estudada uma forma de incluir uma ligação entre o aplicativo e os cursos de cuidadores de pacientes disponíveis na plataforma AVASUS, por exemplo, ou os manuais desenvolvidos para esta finalidade

Outro trabalho interessante de ser realizado é um estudo para inclusão de uma forma de personalizar os valores limites individualmente de acordo com a necessidade de cada paciente em acompanhamento.

REFERÊNCIAS

ABRELA. **Abrela**, 2020. Cuidado ao Cuidador do paciente com ELA. Disponível em: <<https://www.abrela.org.br/wp-content/uploads/2020/05/Cuidado-ao-Cuidador.pdf>>. Acesso em: 21 de abr.de 2021.

ABRELA. **Abrela**, 2020. Cuidados da Enfermagem no tratamento do paciente com ELA. <https://www.abrela.org.br/wp-content/uploads/2020/05/Enfermagem-Tratamento-da-ELA.pdf> Disponível em: <<https://www.abrela.org.br/wp-content/uploads/2020/05/Enfermagem-Tratamento-da-ELA.pdf>>. Acesso em: 21 de abr.de 2021.

ABRELA. **Abrela**, 2020. Nutrição no tratamento do paciente com ELA. Disponível em: <<https://www.abrela.org.br/wp-content/uploads/2020/05/Nutri%C3%A7%C3%A3o-Tratamento-da-ELA.pdf>>. Acesso em: 21 de abr.de 2021.

BAGA, Dina et al. PERFORM: A platform for monitoring and management of chronic neurodegenerative diseases: The Parkinson and Amyotrophic Lateral Sclerosis case. In: **2009 4th International IEEE/EMBS Conference on Neural Engineering**. IEEE, 2009. p. 1-5.

BOURKE, S. C. et al. Noninvasive ventilation in ALS: indications and effect on quality of life. **Neurology**, v. 61, n. 2, p. 171-177, 2003.

BRASIL. Ministério da Saúde. Esclerose Lateral Amiotrófica (ELA). www.gov.br, 2020. Departamento de Atenção Básica. Caderno de atenção domiciliar volume 2. Brasília, 2013. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z-1/e/esclerose-lateral-amiotrofica-ela>. Acesso em: 06 de maio de 2021.

BRASIL. Ministério da Saúde. Gabinete do Ministro. **Portaria nº 1.370, de 3 de julho de 2008**, Brasília, 2008.

BRASIL. Ministério da Saúde. Gabinete do Ministro. **Portaria nº 913 de 19 de novembro de 2002**. Brasília, 2002.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. Caderno de atenção domiciliar volume 2. Brasília, 2013.

BROMBERG, Mark B.; BROMBERG, Diane Banks. **Navigating Life with Amyotrophic Lateral Sclerosis**. Oxford University Press, 2017.

CLAUDIO, Brian Meneses et al. Implementation of a Wireless system for the processing and comparison of cerebral waves of patients with Amyotrophic Lateral Sclerosis through matlab identifying their basic needs. In: **2017 CHILEAN Conference on Electrical, Electronics Engineering, Information and Communication Technologies (CHILECON)**. IEEE, 2017. p. 1-7.

COCO, D. Lo et al. Noninvasive positive-pressure ventilation in ALS: predictors of tolerance and survival. **Neurology**, v. 67, n. 5, p. 761-765, 2006.

DB-ENGINES. **DB-Engines**, 2021. DB-Engines Ranking of Time Series DBMS. Disponível em: <<https://db-engines.com/en/ranking/time+series+dbms>>. Acesso em: 05 de abr.de 2021.

DB-ENGINES. **DB-Engines**, 2021. DB-Engines Ranking of Relational DBMS. Disponível em: <<https://db-engines.com/en/ranking/relational+dbms>>. Acesso em: 05 de abr.de 2021.

ENGEL, Markus et al. Respiratory parameters on diagnostic sleep studies predict survival in patients with amyotrophic lateral sclerosis. **Journal of Neurology**, p. 1-11, 2021

FURTADO, Aline B. et al. Amyotrophic lateral sclerosis: one or multiple causes? **Neurology international**, v. 3, n. 1, p. 12-16, 2011.

IRWIN, D.; LIPPA, Carol F.; SWEARER, J. M. Cognition and amyotrophic lateral sclerosis (ALS). **American Journal of Alzheimer's Disease & Other Dementias®**, v. 22, n. 4, p. 300-312, 2007.

JUNIOR, Eduardo Linden. Abordagem Fisioterapêutica na Esclerose Lateral Amiotrófica. **Revista Neurociências**, v. 21, n. 2, p. 313-318, 2013.

KARNER, Gustav. Resource estimation for objectory projects. **Objective Systems SF AB**, v. 17, p. 1-9, 1993.

MANERA, Umberto et al. The role of arterial blood gas analysis (ABG) in amyotrophic lateral sclerosis respiratory monitoring. **Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry**, v. 91, n. 9, p. 999-1000, 2020.

MITSUMOTO, H.; PRZEDBORSKI, S.; GORDON, P. H. **Amyotrophic Lateral Sclerosis (Neurological Disease and Therapy, 78)**. 1. ed. Taylor & Francis Group, 2005.

MURATA, Y. et al. An abnormal relationship between blood pressure and pulse rate in amyotrophic lateral sclerosis. **Acta neurologica scandinavica**, v. 96, n. 2, p. 118-122, 1997.

OLIVER, David; BORASIO, Gian Domenico; JOHNSTON, Wendy (Ed.). **Palliative care in amyotrophic lateral sclerosis: from diagnosis to bereavement**. OUP Oxford, 2014.

OLIVEIRA, Acary Souza Bulle. Esclerose Lateral Amiotrófica (ELA). **Revista Neurociências**, v. 14, p. 1-1, 2006.

PALUMBO, A. et al. Cloud-based biomedical system for remote monitoring of ALS patients. In: **2020 IEEE International Conference on Bioinformatics and Biomedicine (BIBM)**. IEEE, 2020. p. 1469-1476.

PINTO, Susana; PINTO, Anabela; DE CARVALHO, Mamede. Decreased heart rate variability predicts death in amyotrophic lateral sclerosis. **Muscle & nerve**, v. 46, n. 3, p. 341-345, 2012

PISANO, Fabrizio et al. Decreased heart rate variability in amyotrophic lateral sclerosis. **Muscle & Nerve: Official Journal of the American Association of Electrodiagnostic Medicine**, v. 18, n. 11, p. 1225-1231, 1995

PRELL, T. et al. P43. Heart rate variability is decreased in patients with amyotrophic lateral sclerosis. **Clinical Neurophysiology**, v. 126, n. 8, p. e117, 2015.

SAKA, Bulent et al. Indications, effectiveness and safety of percutaneous endoscopic gastrostomy: A single center experience and. **Asia Pac J Clin Nutr**, v. 30, n. 1, p. 42-50, 2021.

SANCHO, Jesus et al. Non-invasive ventilation effectiveness and the effect of ventilatory mode on survival in ALS patients. **Amyotrophic Lateral Sclerosis and Frontotemporal Degeneration**, v. 15, n. 1-2, p. 55-61, 2014.

SHIMIZU, T. et al. Amyotrophic lateral sclerosis with hypertensive attacks: blood pressure changes in response to drug administration. **Clinical Autonomic Research**, v. 6, n. 4, p. 241-244, 1996.

SILVA, Gustavo Henrique Souto da et al. Um anjo para ELA: arquitetura baseada em visão computacional aplicada ao monitoramento on-line de parâmetros respiratórios de pacientes com Esclerose Lateral Amiotrófica (ELA) em ambiente hospitalar. **Rev. Bras. Eng. Bioméd.**, Rio de Janeiro, v. 29, n. 2, p. 206-210, 2013.

SOMMERVILLE, Ian. **Engenharia de software**, Tradução de Ivan Bosnic e Kalinka G. de O. Pearson. 9 ed. 2011.

SUNDARAM, Prema. Patient monitoring system using android technology. **International Journal of Computer Science and Mobile Computing**, v. 2, n. 5, p. 191-201, 2013

ZHANG, Xu et al. Machine learning for supporting diagnosis of amyotrophic lateral sclerosis using surface electromyogram. **IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering**, v. 22, n. 1, p. 96-103, 2013.