

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA**

**ARTHUR TEIXEIRA JARDIM**

**FISIOTERAPIA RESPIRATÓRIA:  
PROPOSTA DE UM SISTEMA PARA O  
MONITORAMENTO DE SESSÕES**

**Bagé  
2021**

**ARTHUR TEIXEIRA JARDIM**

**FISIOTERAPIA RESPIRATÓRIA:  
PROPOSTA DE UM SISTEMA PARA O  
MONITORAMENTO DE SESSÕES**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Bacharelado em Engenharia de Computação como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Computação.

Orientador: Érico Marcelo Hoff do Amaral  
Coorientador: Julio Saraçol Domingues Júnior

**Bagé  
2021**

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos pelo(a) autor(a) através do Módulo de Biblioteca do Sistema GURI (Gestão Unificada de Recursos Institucionais).

-- Jardim, Arthur Teixeira

Fisioterapia Respiratória: Proposta de um sistema para o monitoramento de sessões / Arthur Teixeira Jardim.

107 f.: il.

Orientador: Érico Marcelo Hoff do Amaral  
Coorientador: Julio Saraçol Domingues Júnior  
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação)  
- Universidade Federal do Pampa, Engenharia de Computação, 2021.

1. Fisioterapia respiratória. 2. Vibração torácica. 3. Informática médica.  
4. Reabilitação respiratória. I. Título.



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
Universidade Federal do Pampa

**ARTHUR TEIXEIRA JARDIM**

**FISIOTERAPIA RESPIRATÓRIA:  
PROPOSTA DE UM SISTEMA PARA  
O MONITORAMENTO DE SESSÕES**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Computação da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia de Computação.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em: 2 de outubro de 2021.

Banca examinadora:

---

Prof. Dr. Érico Marcelo Hoff do Amaral

Orientador

Unipampa

---

Prof. Dr. Fábio Luís Livi Ramos

Unipampa

---

Prof. Dr. Carlos Michel Betemps

Unipampa



Assinado eletronicamente por **CARLOS MICHEL BETEMPS, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 21/09/2022, às 16:59, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **ERICO MARCELO HOFF DO AMARAL, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 21/09/2022, às 21:10, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **FABIO LUIS LIVI RAMOS, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 26/09/2022, às 13:48, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://sei.unipampa.edu.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.unipampa.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **0932240** e o código CRC **OCF25F41**.

Referência: Processo nº 23100.017451/2021-96 SEI nº 0932240

## **AGRADECIMENTO**

A minha família que me apoiou ao longo desta jornada, aos professores Érico Amaral e Julio Saraçol pelos conselhos e conhecimentos passados, e ao grupo de pesquisa GIMM em nome de Julio Markus, Danuza Corrêa, Rafael Famular e Giuliana Leon pelo suporte ao longo do projeto.

## RESUMO

A fisioterapia respiratória é necessária para o tratamento de pacientes acometidos por doenças pulmonares. Nas sessões são aplicadas técnicas para a remoção de secreções das vias aéreas. A técnica de vibração torácica manual é extremamente importante para a higienização brônquica, em razão da dificuldade de execução da técnica, construiu-se uma ferramenta para análise de sua execução. Com um sistema de monitoramento a partir do registro de sessões, torna-se possível o acompanhamento da evolução do paciente e da aplicação da técnica de vibração. O sistema Fisiolung é capaz de registrar as sessões de fisioterapia com o cadastro de dados pessoais do paciente e do profissional, são armazenadas as informações de anamnese, técnicas utilizadas e análise da técnica de vibração torácica manual. O Fisiolung é baseado na integração de *hardware* e *software*, de forma que é utilizado um acelerômetro para captar os dados de vibração e uma placa Arduino para processá-los. O *software* da aplicação utiliza a arquitetura *Model-View-Controller* para integração entre o *front-end* e *back-end*. As análises de sessões tornam-se importantes para acompanhar a evolução do paciente ao decorrer do tratamento. Na interface da aplicação são exibidos os gráficos de picos de frequência *versus* tempo e da média dos picos de frequência *versus* tempo, além de informações das sessões como: tempo de análise, dados de anamnese e técnicas utilizadas. O desenvolvimento foi realizado a partir dos requisitos definidos, prototipação de telas, casos de uso, digramas de classe e sequência, e banco de dados. De acordo com os testes funcionais realizados no sistema foi possível mensurar o desempenho, executando o esperado para a solução. O desenvolvimento do Fisiolung permitiu uma melhora de performance da execução da técnica de vibração torácica, beneficiando os pacientes durante o tratamento. A identificação, a partir do sistema, da técnica de vibração torácica manual ficaram dentro do esperado, assim a ferramenta é possível de ser utilizada pelos fisioterapeutas.

**Palavras-chave:** Fisioterapia respiratória. Vibração torácica. Informática médica. Reabilitação respiratória.

## ABSTRACT

Respiratory physiotherapy is necessary for the treatment of patients affected by lung diseases. In the sessions, techniques are applied to remove secretions from the airways. The chest vibration technique is extremely important for bronchial hygiene, due to the difficulty of performing the technique, a tool was built to analyze its execution. It is possible to monitor the evolution of the patient with a monitoring system based on the record of sessions, and observe the application of the vibration techniques as well. The Fisiolung system is capable of recording physiotherapy sessions with the registration of personal data of the patient and the professional, anamnesis information, techniques used, and analysis of the manual chest vibration technique are stored. Fisiolung is based on the integration of hardware and software, an accelerometer is used to capture the vibration data and an Arduino board to process them, the software application uses the Model-View-Controller architecture for integration between the front-end and backend. Session analysis becomes important to monitor the patient's progress during treatment. On the analysis screen, the graphs of peak frequency *versus* time and the average of peak frequency *versus* time are displayed, as well as session information such as analysis time, anamnesis data, and techniques applied. The software designed was performed based on the defined requirements, software prototyping, use cases, class and sequence diagrams, and database. According to the tests performed on the system, it was possible to measure the performance, achieving the expected results for the solution. The development of Fisiolung allowed an improvement in the performance of the chest vibration technique, benefiting the patients during the treatment. The identification, from the system, of the manual thoracic vibration technique was as expected, so the tool is possible to be used by physical therapists.

**Keywords:** Respiratory physiotherapy. Chest vibration. Medical informatics. Pulmonary rehabilitation.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Metodologia de Pesquisa .....	16
Figura 2	Fases da Metodologia .....	17
Figura 3	Ausculata pulmonar.....	26
Figura 4	Técnica de vibração torácica manual.....	27
Figura 5	Arquiteturas de Von Neumann e Harvard.....	31
Figura 6	Placa microcontroladora Arduino Uno.....	32
Figura 7	Microcontrolador ATmega328P da ATmel.....	32
Figura 8	Infográfico do sistema .....	37
Figura 9	Representação Conceitual da Solução Proposta.....	38
Figura 10	Tela de cadastro de pacientes.....	42
Figura 11	Tela de cadastro dos fisioterapeutas.....	42
Figura 12	Tela de dados iniciais da sessão.....	43
Figura 13	Tela da análise de uma sessão específica.....	43
Figura 14	Tela da análise da vibração torácica manual.....	44
Figura 15	Casos de uso do sistema .....	47
Figura 16	Diagrama Conceitual de Classe .....	48
Figura 17	Diagrama de Sequência .....	49
Figura 18	Diagrama ER .....	50
Figura 19	Arquitetura MVC.....	54
Figura 20	Conexão entre o MPU6050 e o Arduino Uno .....	55
Figura 21	Implementação do sistema FisiLung .....	56
Figura 22	Conexão Serial.....	57
Figura 23	Transmissão via Socket.IO .....	58
Figura 24	<i>Front-end</i> da aplicação .....	59
Figura 25	Cadastro de Pacientes .....	61
Figura 26	Início do registro da sessão.....	62
Figura 27	Registro da análise da vibração torácica.....	63
Figura 28	Início da análise de sessão específica .....	63
Figura 29	Análise de uma sessão específica .....	64
Figura 30	Dados do paciente.....	64
Figura 31	Tabela com dados das sessões do paciente.....	65
Figura 32	Exemplo de gráfico dos sinais vitais e grau de comprometimento pulmonar .....	65
Figura 33	Relatório gerado em HTML .....	66
Figura 34	Divisão dos Testes Realizados.....	67
Figura 35	Monitor Serial do Arduino .....	67
Figura 36	Console no <i>back-end</i> do sistema .....	68
Figura 37	<i>Job</i> do SonarCloud na <i>pipeline</i> .....	69
Figura 38	Análise do código no SonarQube .....	69
Figura 39	Análise da parte de duplicação no SonarQube .....	70
Figura 40	Infográfico dos experimentos .....	71
Figura 41	Realização das sessões.....	72
Figura 42	Posicionamento do acelerômetro na parte superior da mão .....	73
Figura 43	Gráfico do fisioterapeuta 1.....	74
Figura 44	Gráfico do fisioterapeuta 2.....	74
Figura 45	Gráfico do fisioterapeuta 3.....	75
Figura 46	Gráfico do fisioterapeuta 4.....	75
Figura 47	Gráfico do fisioterapeuta 5.....	76
Figura 48	Gráfico do fisioterapeuta 6.....	76

Figura 49	Gráfico do fisioterapeuta 7.....	77
Figura 50	Gráfico do fisioterapeuta 8.....	77
Figura 51	Gráfico do fisioterapeuta 9.....	78
Figura 52	Gráfico do fisioterapeuta 10.....	78
Figura 53	Questão 1 do questionário .....	82
Figura 54	Questão 2 do questionário .....	82
Figura 55	Questão 3 do questionário .....	83
Figura 56	Questão 4 do questionário .....	84
Figura 57	Questão 5 do questionário .....	84
Figura 58	Questão 6 do questionário .....	85
Figura 59	Questão 7 do questionário .....	85
Figura 60	Questão 8 do questionário .....	86
Figura 61	Resultado médio do questionário para as questões de 1 a 7.....	86

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Comparação de trabalhos correlatos.....	35
Tabela 2	Requisitos Funcionais do Sistema.....	40
Tabela 3	Requisitos Não Funcionais do Sistema .....	40
Tabela 4	Tecnologias utilizadas na implementação .....	53
Tabela 5	Códigos identificadores na porta serial.....	56
Tabela 6	Tabela dos resultados de frequência média e desvio padrão .....	79
Tabela 7	Questões do questionário.....	81

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

COVID-19	<i>Coronavirus Disease 2019</i>
SI	Sistemas de Informação
SAD	Sistemas de Apoio a Decisão
SQL	<i>Structured Query Language</i>
CPF	Cadastro de Pessoas Físicas
SUS	Sistema Único de Saúde
PDF	<i>Portable Document Format</i>
ER	Entidade Relacionamento
MVC	<i>Model-View-Controller</i>
HTML	<i>HyperText Markup Language</i>
CSS	<i>Cascading Style Sheets</i>
TFD	Transformada Discreta de Fourier
FFT	Transformada Rápida de Fourier
EBSERH	Empresa Brasileira de Serviços Hospitalares
RISC	<i>Reduced Instruction Set Computer</i>
CPU	Unidade Central de Processamento
IDE	<i>Integrated Development Environment</i>
UML	Linguagem de Modelagem Unificada
CREFITO	Conselho Regional de Fisioterapia e Terapia Ocupacional
GIM	Grupo de Informática Médica
UNIPAMPA	Universidade Federal do Pampa
I2C	<i>Inter-Integrated Circuit</i>
JS	JavaScript
SAST	Teste de Segurança de Aplicativo Estático

URCAMP Centro Universitário da Região da Campanha

UX *User Experience*

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>13</b>
1.1 Problema de Pesquisa .....	14
1.2 Objetivos .....	14
1.2.1 Objetivo Geral .....	14
1.2.2 Objetivos Específicos .....	14
1.3 Estrutura do Texto .....	15
<b>2 METODOLOGIA</b> .....	<b>16</b>
<b>3 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>19</b>
3.1 Informática Médica e Suas Aplicações.....	19
3.2 Reabilitação Respiratória.....	20
3.3 Técnicas de Fisioterapia Respiratória.....	21
3.3.1 Ausculta Pulmonar .....	25
3.3.2 Vibração Torácica Manual.....	27
3.4 Sistemas de Informação e Apoio à decisão .....	28
3.5 Microcontroladores e suas aplicações .....	30
3.5.1 Arduino .....	31
3.6 Transformada Rápida de Fourier.....	33
3.7 Trabalhos correlatos .....	34
<b>4 SISTEMA PARA APOIO A SESSÕES DE FISIOTERAPIA RESPIRATÓRIA.</b>	<b>37</b>
4.1 Descrição da Proposta .....	37
4.2 Modelagem do Sistema .....	39
4.2.1 Definição de Requisitos.....	39
4.2.2 Prototipação de Telas.....	41
4.2.3 Casos de Uso .....	44
4.2.4 Diagrama de Classe Conceitual .....	48
4.2.5 Diagrama de Sequência .....	49
4.2.6 Banco de Dados .....	50
4.3 Projeto Fisiolung.....	51
4.3.1 Escala do Grau de Comprometimento Pulmonar.....	52
4.3.2 Tecnologias Utilizadas.....	52
4.3.3 <i>Hardware</i> .....	54
4.3.4 Implementação do Protótipo.....	55
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	<b>61</b>
5.1 Testes de <i>Software</i> .....	61
5.1.1 <i>Software</i> Fisiolung.....	61
5.1.2 Testes de Aplicação .....	66
5.1.3 Teste de Segurança de Aplicativo Estático.....	68
5.2 Experimentos.....	70
5.2.1 Procedimento Experimental .....	71
5.2.2 Resultados dos Experimentos .....	73
5.2.3 Avaliação do Sistema Fisiolung pelos Fisioterapeutas .....	81
5.3 Resumo da Pesquisa.....	87
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>89</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>91</b>
<b>APÊNDICE A – PROTOTIPAÇÃO DE TELAS</b> .....	<b>95</b>
<b>APÊNDICE B – DOCUMENTO DE PLANO DE TESTES</b> .....	<b>101</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A fisioterapia respiratória é uma área ampla que objetiva tratar o paciente acometido por doenças pulmonares através da utilização de recursos físicos no tratamento preventivo, curativo e reabilitativo das enfermidades tóraco-pulmonares (AZEREDO, 1984). Em razão da pandemia de *Coronavirus Disease 2019* (COVID-19), um número grande de pessoas infectadas pelo novo coronavírus podem enfrentar complicações pulmonares. Após a cura da doença, a inflamação no pulmão pode persistir por semanas, comprometendo o funcionamento deste órgão. Nestes casos, a fisioterapia torna-se necessária não por tratar a doença, e sim por prevenir e reabilitar as deficiências respiratórias e as limitações funcionais da atividade de vida diária por ela ocasionadas (BISPO, 2010).

A intervenção fisioterápica para os casos citados envolve um conjunto de técnicas, as quais objetivam a higienização brônquica, a mobilização e remoção de secreções das vias aéreas a fim de melhorar o intercâmbio gasoso, e diminuir o trabalho respiratório (SCANLAN; WILKINS; STOLLER, 2000). Estas intervenções fazem parte comumente de sessões realizadas pelo fisioterapeuta, buscando a reabilitação respiratória do paciente.

Durante uma sessão, inúmeras técnicas podem ser aplicadas nos pacientes, onde uma das mais efetivas é a técnica de vibração. A vibração manual torácica objetiva promover vibração no nível brônquico e modificar a reologia do muco, facilitando seu deslocamento (CORRÊA, 2012). A vibração manual é uma técnica difícil de ser realizada e muitas vezes torna-se cansativa e prejudicial para o fisioterapeuta quando aplicada por um grande período de tempo. Isso porque exige potentes contrações musculares provenientes dos ombros e dos braços do profissional (SMIDT, 2010). Para que a técnica seja aplicada com efetividade, o profissional de fisioterapia precisa realizar um movimento, respeitando uma frequência específica. Segundo Liebano et al. (2009), a frequência de oscilação da manobra executada pelo profissional precisa ser entre 3 e 17 Hz. Além disso, o monitoramento, de forma concreta e pontual, das sessões de fisioterapia permitiriam o acompanhamento da evolução dos pacientes de maneira mais precisa.

Reconhecendo estas demandas, é passível conceber a necessidade de um sistema para o controle das sessões de fisioterapia e, além disso, disponibilizar um recurso computacional, por meio da utilização de elementos sensores, como o uso de acelerômetros, que possibilitem auxiliar o profissional na execução da manobra de vibração torácica.

## 1.1 Problema de Pesquisa

É possível implementar uma solução, utilizando *software e hardware*, que torne o processo de reabilitação respiratória mais adequado, e que auxilie profissionais de fisioterapia na avaliação e análise dos resultados obtidos durante o tratamento?

A definição do problema de pesquisa surgiu da necessidade de um monitoramento mais detalhado de pacientes com problemas pulmonares. Devido à pandemia de COVID-19, um grande número de pessoas curadas obtiveram sequelas respiratórias que necessitam de sessões fisioterapêuticas para retomar o pleno funcionamento dos pulmões. Com a construção de um sistema seria possível analisar de forma mais detalhada a evolução do paciente ao decorrer do tempo, além do monitoramento da técnica de vibração torácica manual. A técnica de vibração manual exige um esforço físico grande por parte do fisioterapeuta, sendo de grande importância nas sessões. A monitoração dos níveis de frequência da técnica em relação à literatura auxiliaria na execução da técnica.

## 1.2 Objetivos

Nesta seção serão abordados os objetivos gerais e específicos deste projeto de pesquisa.

### 1.2.1 Objetivo Geral

Desenvolver um sistema computacional, composto de *hardware e software*, capaz de acompanhar a evolução de pacientes, em reabilitação respiratória, por meio dos registros de suas sessões de fisioterapia. O sistema, além de manter o registro de anamnese e das técnicas adotadas pelo fisioterapeuta, deverá disponibilizar, integrada a solução, um sistema de controle em hardware, utilizando a ferramenta de prototipação Arduino, que seja capaz de auxiliar o profissional de fisioterapia a realizar a técnica de vibração manual.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

- Identificar o problema de pesquisa;



- Realizar um estudo sobre o estado da arte em relação a reabilitação respiratória;
- Realizar um estudo sobre a atividade de reabilitação respiratória e sessões de fisioterapia;
- Propor um modelo de classificação de pacientes, de acordo com seu quadro clínico;
- Definir tecnologias para a implementação do sistema;
- Realizar testes e validar o sistema;
- Analisar e apresentar resultados obtidos.

### **1.3 Estrutura do Texto**

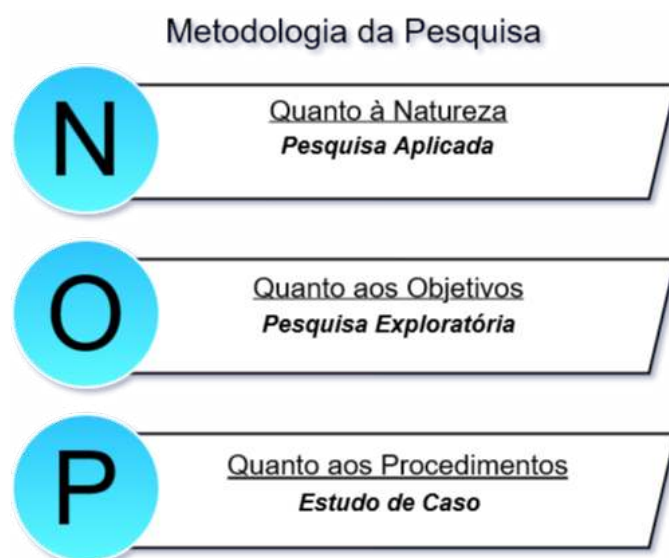
A estrutura do texto foi organizada em seis capítulos, com o propósito de apontar, descrever e esclarecer os temas abordados ao longo da pesquisa. A introdução é o capítulo onde é descrita a proposta de pesquisa, elucidando os pontos importantes e trazendo um breve detalhamento do referencial teórico, onde também são apresentados o objetivo geral, os objetivos específicos, e a estrutura do texto. No capítulo de metodologia a pesquisa é classificada quanto à natureza, objetivos e procedimentos, da mesma forma é apresentado o levantamento e estudo do referencial teórico. No referencial teórico são demonstrados os temas principais da pesquisa, são eles: informática médica e suas aplicações, reabilitação respiratória, técnicas de fisioterapia respiratória, sistemas de informação e apoio a decisão, microcontroladores e suas aplicações, e trabalhos correlatos. No capítulo quatro o sistema como um todo é apresentado, primeiramente é realizada a descrição da proposta, em seguida, a modelagem do sistema, e a implementação do sistema. No capítulo cinco serão abordados os testes funcionais para verificar e validar a solução, os resultados da pesquisa, e a avaliação do sistema. No capítulo seis são elucidadas as considerações finais do trabalho.

## 2 METODOLOGIA

Segundo Prodanov e Freitas (2013), podemos definir método como caminho para chegarmos a determinado fim. E método científico como o conjunto de procedimentos intelectuais e técnicos adotados para atingirmos o conhecimento. A investigação científica depende de um “conjunto de procedimentos intelectuais e técnicos” (GIL, 2008), para que seus objetivos sejam atingidos: os métodos científicos.

A pesquisa científica é uma atividade humana, cujo objetivo é conhecer e explicar os fenômenos, fornecendo respostas às questões significativas para a compreensão da natureza. Segundo Lakatos e Marconi (2007), a pesquisa é um “procedimento reflexivo sistemático, controlado e crítico, que permite descobrir novos fatos ou dados, relações ou leis, em qualquer campo do conhecimento”. Em relação à proposta podemos classificar a pesquisa quanto ao seus gêneros (Figura 1).

Figura 1 – Metodologia de Pesquisa

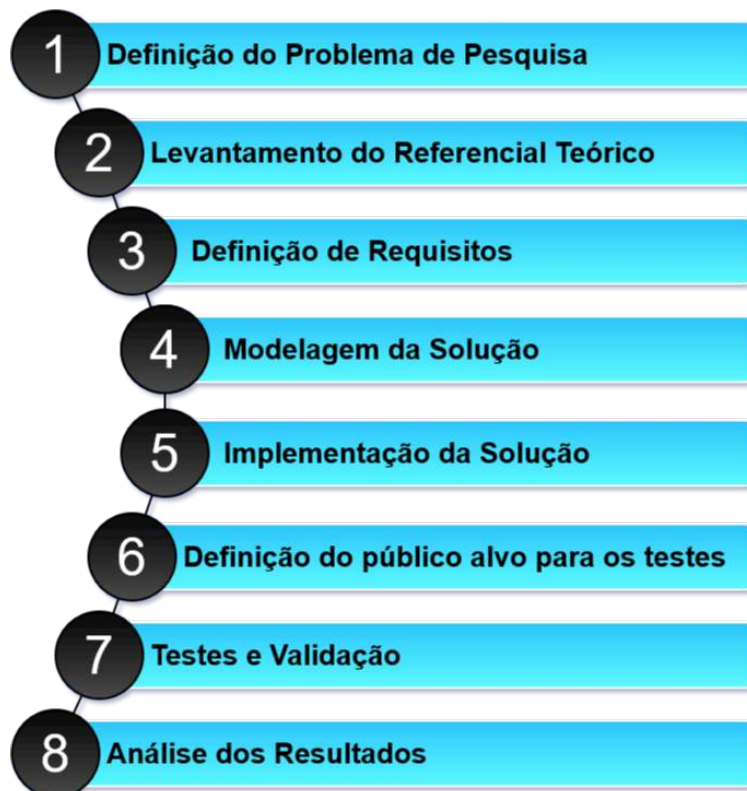


Fonte: Autor (2021)

Quanto à Natureza, trata-se de uma pesquisa aplicada, isto é, que contribui para fins práticos visando à solução quase imediata do problema encontrado na realidade utilizando-se de tecnologias existentes. Relacionado aos objetivos, trata-se de uma pesquisa exploratória, com a delimitação do tema de pesquisa para o foco na solução de um problema, no caso a análise de sessões para o monitoramento de um paciente, utiliza-se de levantamento bibliográfico, e de análises de exemplos que estimulem a

compreensão. Referente aos procedimentos, trata-se de um estudo de caso, visto que possui uma metodologia de pesquisa classificada como aplicada, na qual se busca a aplicação prática de conhecimentos para a solução de problemas sociais.

Figura 2 – Fases da Metodologia



Fonte: Autor (2021)

A Figura 2 ilustra as fases que serão levadas em consideração para o desenvolvimento da proposta de pesquisa. As fases são: definição do problema de pesquisa, levantamento do referencial teórico, definição de requisitos, modelagem da solução, implementação da solução, definição do público alvo para os testes, testes e validação, e análise dos resultados. Todas as fases são apresentadas e descritas ao longo deste documento.

Após a formulação do problema, na fase de levantamento e estudo do referencial teórico a pesquisa foi realizada a partir de trabalhos correlatos na área de fisioterapia respiratória, engenharia de software e prototipagem eletrônica utilizando Arduino. As pesquisas bibliográficas foram constituídas por consulta em livros, revistas, publicações em periódicos e artigos científicos, monografias, dissertações e teses.

O levantamento bibliográfico deu-se na pesquisa dos termos: para a vibração

torácica ((*vibração torácica manual*) AND (*dificuldades*) OR (*vibração torácica*)), para os sistemas de apoio à decisão usou-se ((*sistemas de apoio à decisão*) OR ((*sistemas de apoio a decisão*) AND (*dados e indicadores*) AND (*saúde*))), para os microcontroladores utilizou-se ((*microcontrolador*) OR (*microcontrolador e suas aplicações*)), para a informática médica ((*informática*) AND (*médica*)), para as técnicas de fisioterapia (*técnicas de fisioterapia respiratória*), para os sistemas de informação usou-se (*sistemas de informação*), para os diagramas dos requisitos ((*uml*) OR (*engenharia de software*)), para a metodologia utilizou-se (*metodologia do trabalho científico*), para os testes de software (*testes de software*), para a modelagem do sistema usou-se (*modelagem de sistema uml*) OR (*modelagem de sistema software*), e para os testes estáticos usou-se (*white box testing*) OR (*teste caixa branca*) AND (*static application security testing*).

### **3 REFERENCIAL TEÓRICO**

Neste capítulo serão apresentados temas relacionados com a proposta de implementação que foram compreendidos e manifestados após a revisão bibliográfica. Serão abordados os seguintes conteúdos: informática médica e suas aplicações, reabilitação respiratória: finalidade e técnicas, sistemas de informação e apoio a decisão, microcontroladores e suas aplicações, e por final os trabalhos correlatos.

#### **3.1 Informática Médica e Suas Aplicações**

Por definição, a Informática Médica é uma ciência que estuda e desenvolve métodos e sistemas para adquirir, processar e interpretar dados de pacientes através de conhecimento obtido através da investigação científica (BEMMEL; MUSEN, 1997). A área da saúde é uma das últimas áreas de aplicação das tecnologias da informação de uma forma generalizada e organizada (JEPSEN, 2003).

A Informática Médica é definida por Shortliffe e Blois (2006) como “um campo de rápido desenvolvimento científico que lida com armazenamento, recuperação e uso da informação, dados e conhecimentos biomédicos para a resolução de problemas e tomada de decisão”.

Segundo Sciarra e Rondina (2018), a Informática Médica é o campo científico que lida com recursos, dispositivos e métodos para otimizar o armazenamento, recuperação e gerenciamento de informações biomédicas. O crescimento da informática em saúde deve-se, em grande parte: aos avanços nas tecnologias de computação e comunicação, à crescente convicção de que o conhecimento médico e as informações sobre os pacientes são ingerenciáveis por métodos tradicionais baseados em papel, e devido à certeza de que os processos de acesso ao conhecimento e tomada de decisão desempenham papel central na medicina moderna.

O campo da Informática Médica não é novo, apesar de parecer ainda estar na sua infância, no que diz respeito a incrementar a prática médica. A Informática Médica tem o potencial de beneficiar o atendimento ao paciente, de uma maneira tão efetiva quanto a descoberta de um novo medicamento ou terapia. Os seus benefícios diretos serão derivados do fato de se poder aumentar a capacitação e a ação dos médicos e de outros profissionais de saúde, através do melhor acesso ao conhecimento médico e informação (ARAUJO, 2000).

As aplicações da Informática Médica permitem a automatização de processos clínicos do cotidiano, auxiliando na demanda das instituições médicas. A digitalização dos dados fazem com que buscas e relatórios possuam um tempo menor de solicitação, assim podendo inclusive diminuir o tempo de diagnóstico dependendo do caso. Sistemas integrados podem também atuar na execução de manobras e técnicas por parte dos profissionais da saúde, visto que operam em conjunto e auxiliam no tratamento dos pacientes.

### **3.2 Reabilitação Respiratória**

A Fisioterapia Respiratória atua nos processos obstrutivos através de técnicas manuais e equipamentos que auxiliam o descolamento das secreções brônquicas (SMIDT, 2010). Os recursos manuais são assim chamados por serem aplicados sem utilização de quaisquer equipamentos, podendo ser enquadrados na cinesioterapia respiratória, sendo estes também conhecidos como manobras cinesioterápicas respiratórias ou manobras manuais da fisioterapia respiratória (COSTA, 1999).

Segundo Vettorazi (2006), os critérios para escolha das técnicas fisioterapêuticas dependem de uma série de fatores, tais como motivação, objetivos do tratamento médico, objetivos do paciente, eficácia da técnica, idade do paciente, habilidade e concentração do paciente, facilidade para aprender, fadiga ou trabalho exigido, necessidade de equipamentos, limitações da técnica, baseada na doença, na severidade e nos custos.

A reabilitação pulmonar tem sido descrita pelos autores que abordam o tema como sendo um programa multidisciplinar que visa o tratamento do paciente portador de doença pulmonar crônica (VETTORAZI, 2006). A reabilitação tem por objetivos, o tratamento e a prevenção das complicações pulmonares e gerais do organismo e melhorar a qualidade de vida do paciente. O treinamento dos músculos respiratórios visa aumentar a força e/ou resistência desses músculos para proporcionar melhora da função muscular em pacientes com doenças pulmonares, da caixa torácica e neuro-musculares (OLIVEIRA et al., 1999).

Segundo Araujo e Araujo (2013), os programas de reabilitação pulmonar são definidos como uma intervenção multidisciplinar, baseada em evidência. São exemplos de cuidado colaborativo que englobam a doença física bem como os fatores psicológicos nela envolvidos. É direcionado aos pacientes com doença respiratória crônica sintomática com impacto nas atividades diárias. Tem por objetivo reduzir sintomas, melhorar o status funcional, aumentar a participação do paciente em seu tratamento, reduzir custos em

saúde e tratar manifestações sistêmicas das doenças (MAURER et al., 2008).

A fisioterapia participa do programa de reabilitação com os objetivos de promover e maximizar a independência funcional do paciente nas atividades de vida diária, com isso melhorando a sua qualidade de vida, e aumentando a tolerância ao exercício com consequente redução do nível de dispneia (VETTORAZI, 2006).

### **3.3 Técnicas de Fisioterapia Respiratória**

As técnicas de fisioterapia respiratória são aplicadas com o intuito de contribuir na recuperação dos pacientes. As manobras de higiene brônquica possuem o papel de desprender as secreções das paredes pulmonares e transportá-las proximalmente até que sejam expelidas. A maioria delas requer o auxílio de um fisioterapeuta ou adulto treinado durante o processo de aprendizagem ou durante sua execução (LOPEZ; MORANT, 2004). As técnicas da terapia de higiene brônquica podem ser divididas em técnicas invasivas e técnicas não invasivas, que são aplicadas dependendo das condições de cada paciente.

Abaixo, técnicas que podem ser utilizadas durante o tratamento de reabilitação respiratória descritas pelo documento Procedimento operacional padrão: Técnicas de Fisioterapia Respiratória em Pacientes Adultos, escrito pela unidade de reabilitação do hospital de clínicas da Universidade Federal do Triângulo Mineiro e pela Empresa Brasileira de Serviços Hospitalares (EBSERH).

- **Técnicas Não Invasivas:**

1. **Drenagem postural:**

- A drenagem postural utiliza-se da ação da gravidade para auxiliar a movimentação das secreções no trato respiratório, direcionando-as para as vias aéreas centrais onde poderão ser removidas através da tosse, promovendo também melhora da relação ventilação/perfusão. Nessa técnica a ação da gravidade atua auxiliando o deslocamento de secreções periféricas para regiões proximais do pulmão. O uso do posicionamento como forma de drenagem baseia-se na anatomia da árvore brônquica. Adotando-se a postura invertida do segmento pulmonar acometido, a secreção é encaminhada para uma porção mais central, em que será removida por meio de tosse ou aspiração. Geralmente está associada a outras técnicas como vibração.

## 2. Percussões pulmonares manuais:

- As percussões pulmonares abrangem qualquer manobra realizada com as mãos sobre a superfície externa do tórax do paciente proporcionando vibrações mecânicas, as quais serão transmitidas aos pulmões, gerando mobilização de secreções pulmonares. Entre as percussões pulmonares mais utilizadas, destacam-se a tapotagem e a percussão cubital, sendo o objetivo de ambas deslocar o muco e permitir o seu encaminhamento para as vias aéreas centrais, facilitando assim sua eliminação.

## 3. Vibrocompressão torácica:

- Consiste na associação das manobras de vibração e de compressão torácica, no sentido anatômicos dos arcos costais, aplicada na fase expiratória do ciclo respiratório, de forma constante, lenta e moderada, promovendo fluidificação e deslocamento de secreções pulmonares para vias aéreas de maior calibre para que, posteriormente, sejam eliminadas pela tosse ou aspiração. A vibração pode ser realizada manualmente ou por meio de aparelho específico. A vibração manual consiste em movimentos oscilatórios empregados no tórax por meio de contração isométrica da musculatura do antebraço e deve ser realizada na fase expiratória. A vibrocompressão associa essa vibração com compressão torácica. O fundamento da vibração está vinculado à propriedade do muco de liquefazer-se durante a agitação, portanto, o emprego desse recurso facilita a depuração da secreção.

## 4. Pressão expiratória:

- A manobra de pressão expiratória consiste em deprimir, de maneira passiva, o gradil costal do paciente, durante o período expiratório, com a finalidade de aumentar a ventilação. Quando aplicada após a vibroterapia ou percussão, tem o papel de conduzir secreções para os brônquios de maior calibre, facilitando sua eliminação pela tosse ou aspiração.

## 5. Tosse (dirigida ou provocada):

- A tosse é um mecanismo de defesa para remoção de secreções brônquicas e de corpos estranhos das vias aéreas. Ela pode ser dirigida ou provocada. A tosse dirigida trata-se de um esforço de tosse voluntária que o



fisioterapeuta obtém quando solicita ao paciente cooperante. A tosse provocada trata-se de uma tosse reflexa aplicada no paciente incapaz de cooperar e, portanto, de realizar uma tosse ativa. É induzida pela estimulação dos receptores mecânicos situados na parede da traqueia extratorácica.

#### 6. Aceleração do fluxo expiratório:

- Consiste em um movimento toracoabdominal sincronizado que aumenta o volume de ar expirado, sendo realizado de forma ativa, assistida ou passiva, e tem por objetivo mobilizar, deslocar e eliminar as secreções traqueobrônquicas. Dessa maneira promove-se um esvaziamento passivo do ar presente nos pulmões, facilitando o deslocamento de secreções.

#### 7. Drenagem autógena:

- A drenagem autógena utiliza inspirações e expirações lentas, de forma ativa, controladas pelo paciente, iniciando no volume de reserva expiratório até o volume de reserva inspiratório. Dessa forma tenta-se a mobilização, inicialmente, de secreções de vias aéreas distais e posteriormente de vias aéreas mais próximas. A manobra visa maximizar o fluxo de ar nas vias aéreas para melhorar a eliminação do muco e da ventilação pulmonar, sendo uma combinação de controle respiratório em vários níveis de volumes pulmonares.

#### 8. Técnica de expiração forçada ou Huffing:

- São expirações forçadas a partir de médio volume inspiratório e com a glote aberta, aumentando assim o fluxo expiratório e favorecendo a tosse. Consiste em um ou dois esforços expiratórios (huffs) realizados com a glote aberta com objetivo de remoção de secreções brônquicas com a menor alteração da pressão pleural e menor probabilidade de colapso bronquiolar.

#### 9. Ciclo ativo da respiração:

- A técnica é uma combinação de técnicas de expiração forçada, controle da respiração, exercícios de expansão torácica. Dessa forma, a técnica de ciclo ativo da respiração é efetiva na remoção de secreções, evitando o efeito indexável de obstrução do fluxo aéreo, que pode estar presente

durante a terapia de expiração forçada isolada.

10. Pressão expiratória positiva:

- A pressão expiratória positiva é uma técnica que consiste na aplicação de pressão positiva somente durante a fase expiratória do ciclo respiratório. Esta pressão positiva é produzida por dispositivos que geram resistência ao fluxo expiratório, como válvulas *spring-loaded*, com pressões de 5, 10, 15 ou 20  $cmH_2O$ , que podem estar conectados a máscaras, bocais ou diretamente à via aérea artificial dos pacientes. A pressão positiva expiratória final produzida promove aumento dos volumes pulmonares e recrutamento alveolar (podendo também ser considerada como técnica reexpansiva), além de ser uma alternativa efetiva de higiene brônquica.

11. Terapia por Oscilação oral de alta frequência:

- Nessa modalidade utiliza-se como instrumentos o *Flutter* (força da gravidade), o *Shaker* (força da gravidade) e o *Acapella* (força de atuação magnética). O *Flutter* é um aparelho portátil formado por um bocal, um cone, uma bola de aço inoxidável e uma tampa perfurada. A melhor posição para realizá-lo é sentado. O fisioterapeuta solicita uma inspiração profunda seguida de expiração. O *Shaker* é um aparelho nacional portátil composto por um bocal, um cone, uma bola de aço inoxidável e uma tampa perfurada. Apresenta o mesmo princípio do *Flutter*. Há produção de frenagem do fluxo respiratório por produzir curtas e sucessivas interrupções à passagem do fluxo, com pressão expiratória positiva de 10 a 18  $cmH_2O$ , permitindo uma repercussão oscilatória produzida pelo resistor do aparelho com frequência de 9 a 18 Hz, que é transmitida à árvore brônquica. O *Acapella* tem mecanismo baseado, também, na vibração com pressão oscilatória positiva intra brônquica durante a expiração. A diferença está na forma como acontece a oscilação, realizada por um cone pivotante que possui uma válvula que regulará a resistência. O paciente pode executar em qualquer posição, com frequência ajustável ou máscara.

- Técnicas Invasivas:

1. Aspiração traqueobrônquica:

- É um procedimento invasivo que consiste na retirada de secreções de vias aéreas inferiores com o objetivo de manter a permeabilidade. A aspiração de secreções é classicamente realizada com a desconexão do paciente do ventilador e com a introdução do cateter de sucção dentro do tubo endotraqueal (sistema aberto). Alternadamente esse procedimento pode ser realizado com a utilização de um sistema acoplado ao circuito do ventilador, que permite a introdução do cateter de aspiração sem a desconexão do paciente da ventilação mecânica (sistema fechado).

2. Hiperinsuflação manual com ambu:

- Originalmente chamada de *bag squeezing*, a técnica é utilizada em pacientes que cursam com quadro de hipersecreção pulmonar e que estejam em uso de ventilador mecânico. Consiste na utilização do ambu associado às técnicas de vibração e compressão torácicas. Trata-se de uma série de excursões respiratórias amplas, profundas, com uma pausa inspiratória de 3 segundos, seguida de rápida expiração simulando a tosse.

3. Manobra de PEEP/ZEEP.

- Na manobra de pressão expiratória final positiva-pressão expiratória final zero (PEEP-ZEEP), teoricamente, ao elevarmos a PEEP, o gás é redistribuído através da ventilação colateral, alcançando alvéolos adjacentes previamente colapsados por muco. Essa redistribuição propicia a reabertura de pequenas vias aéreas descolando o muco aderido à sua parede. Posteriormente, ao diminuirmos a PEEP para 0  $cmH_2O$ , modifica-se o padrão de fluxo expiratório auxiliando o transporte das secreções das vias aéreas de menor calibre para as centrais.

### 3.3.1 Ausculta Pulmonar

A ausculta pulmonar (Figura 3) é realizada com o propósito de ouvir os ruídos respiratórios a fim de identificar a situação clínica do pulmão. Deve ser realizada em todas as regiões do tórax a fim de identificar os sons encontrados. Abaixo, a classificação

da ausculta pulmonar de acordo com o documento Procedimento operacional padrão: Técnicas de Fisioterapia Respiratória em Pacientes Adultos.

Figura 3 – Ausculta pulmonar.



Fonte: Nunes (2018)

- **Ausculta Pulmonar:**

1. Sibilos;

- É um ruído semelhante a um assobio agudo decorrente de uma obstrução ou estreitamento da via aérea distal.

2. Roncos;

- São sons grosseiros e ásperos que ocorrem quando o ar está bloqueado por muco, podendo ocorrer tanto na inspiração como na expiração. A secreção livre (catarro) em uma área de grande calibre causa esse som ao se mover com a entrada e saída de ar nos pulmões.

3. Grasnido;

- Trata-se de um sibilo durante a inspiração decorrente de doença intersticial.

4. Estridor.

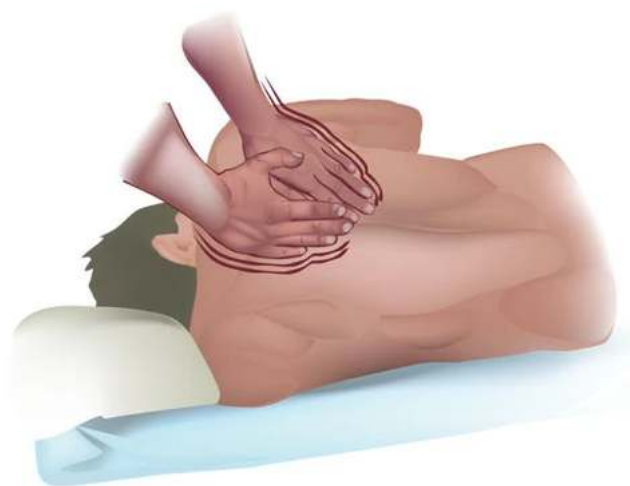
- Som de alta tonalidade durante a inspiração decorrente de obstrução da via aérea superior, ou seja, extrapulmonar. Ocorre em distúrbios agudos tal como aspiração de corpo estranho. Geralmente ouve-se sem o estetoscópio na região de laringe que compreende do mento a fúrcula esternal.

### 3.3.2 Vibração Torácica Manual

A vibração acontece quando um corpo descreve um movimento oscilatório em relação a um referencial. O gráfico que mostra a amplitude de vibração em relação a frequência é chamado de espectro de frequências (BERTOLETTI, 2007). Segundo Bertoletti (2007), a amplitude de vibração pode ser quantificada de diversas maneiras: a relação entre os níveis pico-a-pico, o nível máximo, o nível médio e o nível médio quadrático de uma onda senoidal.

A vibração torácica (Figura 4) é uma das técnicas utilizadas pelo fisioterapeuta para acelerar o desprendimento e movimento das secreções e tampões mucosos nas vias aéreas condutoras (IRWIN; TECKLIN, 2003). Consiste na geração de movimentos rítmicos e finos, por contrações isométricas rápidas dos membros superiores, com intensidade e frequência que variam entre 3 a 75 Hz suficiente para causar vibração no nível brônquico (SARMENTO, 2005). Já para Pavia (1990) a frequência com que a técnica é realizada gira em torno de 12 a 16 Hz. Para Irwin e Tecklin (2003) são relatadas frequências de 12 a 20 Hz.

Figura 4 – Técnica de vibração torácica manual.



Fonte: Reeves (2018)

Segundo Costa (1999), a técnica é realizada com as mãos espalmadas, acopladas e com certa pressão no tórax do paciente, no sentido crânio-caudal. O punho e o cotovelo permanecem imóveis, impulsionando os movimentos vibratórios com um trabalho mecânico da musculatura do braço e do ombro. O objetivo é promover vibração

no nível brônquico e modificar a reologia do muco, facilitando seu deslocamento.

De acordo com Saavedra (2013), a vibração é aplicada manualmente no tórax durante a expiração após uma inspiração máxima. A compressão e oscilação aplicadas durante a vibração produzem alguns mecanismos fisiológicos, tais como: aumento do pico expiratório; aumento expiratório do fluxo aéreo, carregando o fluxo de muco para a orofaringe; aumento do transporte de muco pelo mecanismo de diminuição da viscosidade da secreção, utilizando como ideal uma frequência entre 3 e 17 Hz; e a otimização do mecanismo da tosse via estimulação mecânica das vias aéreas (ELKINS; JONES; SCHANS, 2004).

A técnica de vibração torácica manual exige um grande esforço físico por parte do fisioterapeuta, onde a análise da execução dessa técnica, observando os valores de vibração e frequência, torna-se importante para melhorar o desempenho da manobra. Consequentemente com uma melhor performance de execução da técnica, há um melhor resultado ao longo do tratamento dos pacientes.

### **3.4 Sistemas de Informação e Apoio à decisão**

Os Sistemas de Informação (SI) são instrumentos voltados para apoiar processos de organização, controle, tomada de decisão e aquisição de conhecimento nas organizações. Embora não se baseiem necessariamente na tecnologia dos computadores, contam com apoio na agilização do processamento, geração, registro, acesso e difusão das informações (BARBOSA; ALMEIDA, 2002).

Segundo Laudon e Laudon (2006), “Um sistema de informação pode ser definido tecnicamente como um conjunto de componentes inter-relacionados que coleta (ou recupera), processa, armazena e distribui informações destinadas a apoiar a tomada de decisões, à coordenação e ao controle”. Para O’Brien (2001), SI é “um conjunto organizado de pessoas, *hardware*, *software*, redes de comunicações e recursos de dados que coleta, transforma e dissemina informações em uma organização”. Os SI são classificados como: sistemas de informação operacional, sistemas de informação gerencial, sistemas de informação estratégico, sistemas especialistas, e sistemas de apoio à decisão.

Os SI na área da saúde têm por principais objetivos disponibilizar e gerir o acesso à informação relevante sobre cuidados de saúde, assim como promover a qualidade dos serviços de saúde através de um apoio contextualizado às decisões médicas por parte

de profissionais e dos próprios pacientes (VASCONCELOS; ROCHA; GOMES, 2004). Como premissa básica, SI em saúde deve contribuir para a melhoria da qualidade, da eficiência e da eficácia do atendimento em saúde, possibilitando a realização de pesquisa, o fornecimento de evidência e auxiliando no processo de ensino (MARIN, 2010).

Assim, como finalidades principais, pode-se afirmar que um SI em saúde deve servir para gerenciar a informação que os profissionais de saúde precisam para desempenhar as atividades com efetividade e eficiência, facilitar a comunicação, integrar a informação e coordenar as ações entre os múltiplos membros da equipe profissional de atendimento, fornecendo recursos para apoio financeiro e administrativo (SAFRAN; PERREAULT, 2001).

Os Sistemas de Apoio à Decisão (SAD) são Sistemas de Informações computadorizados que fornecem aos gerentes apoio interativo de informações durante o processo de tomada de decisão (O'BRIEN, 2001). A tomada de decisões pode ser definida como a habilidade para processar informações mediante uma análise lógica e objetiva (confiar em si mesmo na hora de decidir, estar preparado para correr riscos razoáveis e para ser responsabilizado pelos resultados) (BATISTA, 2006).

Segundo Barbosa e Almeida (2002), os SAD têm como objetivo apoiar processos de decisão que apresentam problemas de estruturação. Recomenda-se a utilização de um SAD para ambientes singulares, em que haja ausência de fatos claros e presença da subjetividade, demandando um processo evolutivo ao longo do tempo, e não para tomada de decisão apenas em um dado momento (ROY, 1996).

Segundo Wechsler et al. (2003), os SAD, em medicina, são conceituados como todo *software* que auxilie os médicos na solução de problemas. Para que se desenvolva um SAD capaz de auxiliar corretamente um médico, é necessário, segundo Sigulem et al. (1998), passar por três fases distintas, sendo elas: aquisição de conhecimento, representação do conhecimento e avaliação do conhecimento (SILVA et al., 2013).

Aquisição do conhecimento, de acordo com Sigulem et al. (1998), é realizada através de pesquisas em literaturas, análise em fichas de pacientes - buscando dados que foram determinantes no diagnóstico ou que através destes pudessem ser feitos outros procedimentos, entrevistas com especialista em determinada área de conhecimento, e acompanhamento de especialistas em seus processos decisórios.

Na etapa de representação do conhecimento, segundo Sigulem et al. (1998), consiste em passar todo o aprendizado adquirido anteriormente para uma linguagem que o computador possa entender. Na avaliação de conhecimento, segundo Sigulem

et al. (1998), as informações obtidas através do SAD são avaliadas por um comitê de especialistas, buscando averiguar a credibilidade de cada informação. O apoio à decisão clínica engloba o fornecimento de informações selecionadas de forma inteligente, apresentadas aos profissionais de saúde em momentos apropriados, e com o intuito de melhorar a assistência ao usuário (OSHEROFF et al., 2004).

Segundo Leandro e Moro (2016), os SAD auxiliam na recuperação de informações do paciente, considerando seu contexto clínico particular, oferecendo assim, informações e recomendações diante de uma situação específica. A utilização de tais sistemas tende a crescer por razões como: aumento dos desafios relacionados à gestão da informação na prática clínica, a pressão para adotar o registro eletrônico em saúde, e o crescente objetivo dos serviços de saúde em oferecer um atendimento personalizado (MUSEN; MIDDLETON; GREENES, 2014).

### **3.5 Microcontroladores e suas aplicações**

Os microcontroladores podem ser definidos como processadores que foram encapsulados com memória, interface de entrada/saída de dados e dispositivos periféricos. Entre os periféricos estão conversores analógico/digital, temporizadores/contadores, interface para comunicação serial, etc. Em outras palavras, são computadores encapsulados em um único invólucro. Tornaram-se comuns em diversos ramos da indústria a partir do final da década de 70 e atualmente existe um número crescente de opções disponíveis no mercado (BORGES et al., 2008).

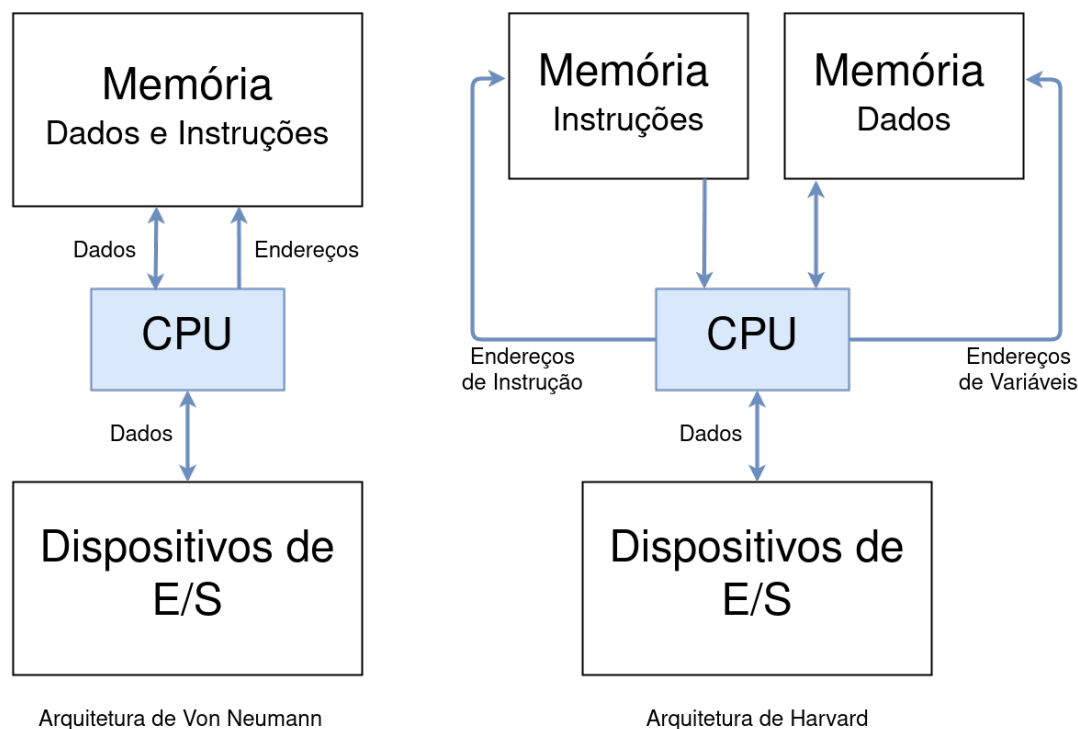
As variações de microcontroladores disponíveis diferem na quantidade de memória interna, velocidade do processamento de dados, quantidade de pinos de entrada e saída, forma de alimentação, consumo de energia, quantidade de periféricos, arquitetura e conjunto de instruções (MARTINS, 2005).

Existem duas organizações diferentes na concepção dos microprocessadores (Figura 5), são elas: Arquitetura de Von Neumann e Arquitetura de Harvard. Na Arquitetura de Von Neumann os programas e os dados são armazenados no mesmo espaço de memória, assim a unidade de armazenamento comporta, respectivamente, instruções e dados.



Já a Arquitetura de Harvard se distingue por possuir duas memórias diferentes e independentes em termos de barramento e ligação ao processador. Possui como principal característica, o acesso à memória de dados de modo separado em relação à memória de programa.

Figura 5 – Arquiteturas de Von Neumann e Harvard



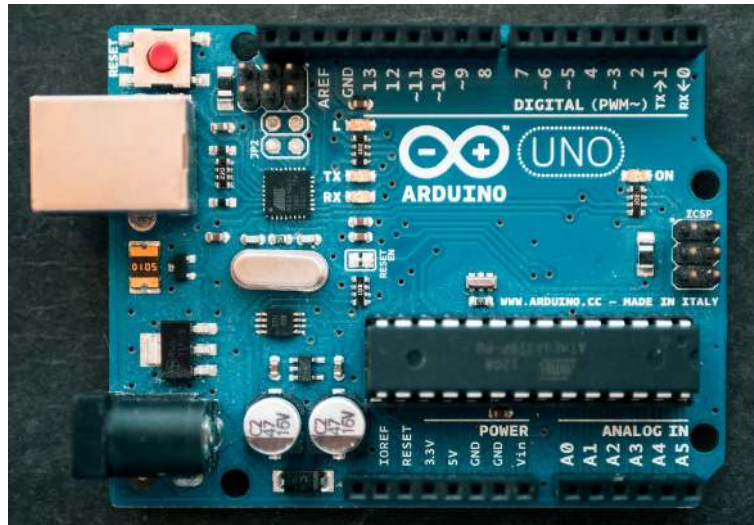
Fonte: Adaptado de (VIVADIFFERENCES, 2019)

Os microcontroladores permitem a integração de *hardware* e *software*, em razão disso proporcionam que diversas aplicações sejam implementadas em tarefas diárias. São tipicamente utilizados para automação e controle de produtos e periféricos. São utilizados integrados a módulos e sensores permitindo a captação e processamento de sinais, que são refinados e utilizados em *softwares* para atender uma demanda específica.

### 3.5.1 Arduino

Em 2005, na Itália, iniciou-se um projeto chamado Arduino (Figura 6), com o objetivo de criar um circuito de prototipagem de baixo custo e que tivesse uma interface simples para ser aplicada na educação em escolas públicas.

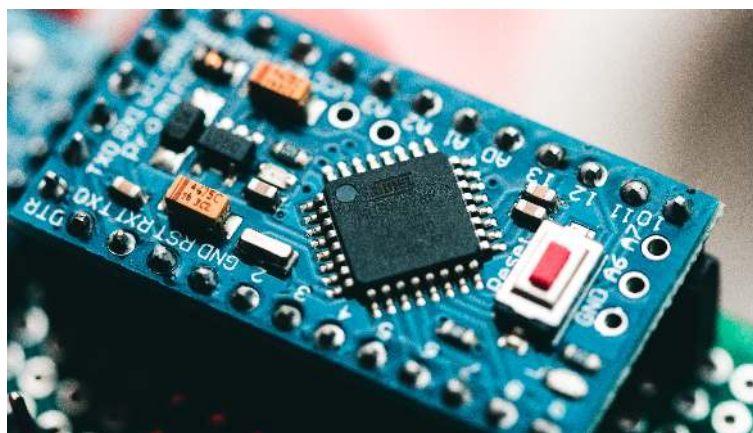
Figura 6 – Placa microcontroladora Arduino Uno



Fonte: Broadbent (2019a)

Essa interface foi projetada para fornecer uma comunicação completa e fácil com o microcontrolador ATmel (Figura 7). O Arduino surgiu como uma solução de desenvolvimento e prototipagem, com possibilidades que vão desde um simples sistema de acender e apagar de uma luz, a projetos sofisticados e profissionais, que dependem apenas do conhecimento que o usuário de Arduino tem de programação e eletrônica (ARAUJO; CAVALCANTE; SILVA, 2019).

Figura 7 – Microcontrolador ATmega328P da ATmel



Fonte: Broadbent (2019b)

A *Integrated Development Environment* (IDE) do Arduino utiliza o compilador GCC (linguagem C e C++), e usa uma interface gráfica em Java no projeto *Processing* (REBESCHINI, 2012). A IDE ainda pode ser ampliada com bibliotecas da Internet ou no próprio gerenciador da aplicação. Após a criação e compilação do código na IDE, o programa é enviado ao Arduino através de conexão USB e gravado para a utilização.

### 3.6 Transformada Rápida de Fourier

Cada sinal periódico pode ser representado pela soma das séries de Fourier. Com uma análise adequada, é possível obter uma representação de Fourier para sinais de duração finita. Esta representação é o que é conhecida como Transformada Discreta de Fourier (TFD) (SCHMIDT, 2013). A TFD pode ser representada como:

$$x[k] = \sum_{n=0}^{N-1} x[n] \cdot W_{kn}^N \quad k = 0, 1, \dots, N-1 \quad (1)$$

$$W^N = e^{-j2\pi} \quad (2)$$

Segundo Schmidt (2013), pode-se observar que sua resolução direta implica  $N$  multiplicações complexas e  $N-1$  adições complexas para cada  $k$ . Portanto, o cálculo direto de uma TFD é da ordem  $O(N^2)$ . Para valores pequenos de  $N$ , a resolução em si não consome muito tempo ou recursos. No entanto, para valores de  $N$  que são grandes o suficiente, o cálculo direto torna-se ineficiente, não apenas por causa do longo tempo que consome, mas também acumulando os recursos necessários. Por exemplo, para as operações a serem realizadas seriam; assumindo que cada operação leva aproximadamente 1 ns para o cálculo direto da TFD levaria cerca de 13343 dias.

Percebe-se, então, que a ordem do cálculo direto impõe um limite às aplicações que o fazem utilização da TFD, principalmente em tempo real, pois para valores maiores que um determinado  $N$ , o cálculo pode ser muito lento e os recursos disponíveis podem ser insuficientes. É assim que a Transformada Rápida de Fourier (FFT) aparece, um algoritmo para o cálculo eficiente de TFD. Sua importância reside no fato de eliminar grande parte dos cálculos repetitivos a que o TFD está sujeita, conseguindo assim um cálculo mais rápido a um custo menor (SCHMIDT, 2013).

Segundo Schmidt (2013), se uma TFD de  $N$  amostras for inicialmente realizada, ela poderia ser realizada por  $p = \log_2 N$  divisões. Se calcularmos o custo das operações a

serem realizadas com este método, temos que o algoritmo é  $O(N \cdot \log_2 N)$ .

O algoritmo FFT foi originalmente inventado por Carl Friedrich Gauss em 1805. Diferentes versões do algoritmo foram descobertas ao longo dos anos, mas a FFT não se tornou popular até 1965, com a publicação de James Cooley e John Tukey, por quem reinventaram o algoritmo descrevendo como executá-lo com eficiência em um computador (SCHMIDT, 2013).

### **3.7 Trabalhos correlatos**

Nesta seção serão apresentadas pesquisas relacionadas à informática médica, sistemas de informação em saúde e microcontroladores, com o propósito de embasar a proposta da criação de um sistema de monitoramento de sessões respiratórias. O levantamento e estudo de trabalhos correlatos são importantes para avaliar a solução proposta, visto que permitem analisar cenários parecidos aos que a pesquisa se encontra. A comparação de propostas correlatas proporcionam explicitar diferentes funcionalidades e aplicações que esta solução contempla.

Um estudo comparativo sobre a técnica de vibração torácica realizado por Corrêa (2012) utilizou-se de um acelerômetro para realizar a medição da vibração, e assim analisar a frequência da técnica realizada por fisioterapeutas e graduandos em fisioterapia. Por final foram procuradas correlações nas variáveis de sexo, idade, tempo de formado, se atua na área de Fisioterapia Respiratória e o tempo dessa atuação com os resultados obtidos no trabalho.

Nesse mesmo contexto foi realizada uma análise eletromiográfica e de acelerometria na manobra fisioterápica de vibração torácica manual por Saavedra (2013). O trabalho teve como propósito a análise da fadiga muscular do músculo braquiorradial através do sinal eletromiográfico e da frequência mediana, assim como mensurar a frequência de oscilação da manobra de vibração torácica manual utilizando um acelerômetro.

O protótipo para apoio à decisão do fisioterapeuta no cuidado ao idoso desenvolvido por Pessoa (2018), apesar do tema, trata sobre a elaboração de um sistema de informação em saúde. São abordadas questões referentes a usabilidade do sistema por parte dos profissionais de fisioterapia, assim como é apresentada uma visão geral em relação a utilização de sistemas no apoio à decisão nessa área.

Na pesquisa de Bertolotti (2007), foi realizada a avaliação da manobra

fisioterapêutica de vibração torácica. Consiste em analisar e mensurar a frequência de oscilação da técnica de vibração a partir de experimentos com vários fisioterapeutas, o objetivo final foi de encontrar a frequência dominante e verificar se está próxima aos valores encontrados na literatura.

Tabela 1 – Comparação de trabalhos correlatos

<b>Proposta</b>	<b>Característica</b>	<b>Relação com a proposta</b>
Corrêa (2012)	Mensura a frequência de oscilação da técnica de vibração torácica, utiliza acelerômetro e possui comparação entre fisioterapeutas.	A presente proposta vai além com a criação de um sistema para gerenciar as sessões dos pacientes e com análise dos dados. A comparação entre fisioterapeutas não é contemplada
Saavedra (2013)	Analisa a fadiga do músculo braquiorradial através do sinal eletromiográfico e da frequência mediana, assim como mensurar a frequência de oscilação da manobra de vibração torácica manual utilizando um acelerômetro.	A presente proposta vai além com a criação de um sistema para gerenciar as sessões dos pacientes e com análise dos dados. A análise da fadiga do músculo braquiorradial através do sinal eletromiográfico não é contemplada.
Pessoa (2018)	Trata sobre a elaboração de um sistema de informação em saúde, é mostrada uma visão geral em relação a utilização de sistemas no apoio à decisão nessa área.	Na proposta será desenvolvido um sistema de informação em saúde voltado para auxiliar no tratamento de pacientes acometidos com problemas respiratórios, sendo mensurada a vibração em tempo real.
Bertoletti (2007)	Avaliação da manobra fisioterapêutica de vibração torácica, analisar e mensurar a frequência de oscilação da técnica de vibração a partir de experimentos com vários fisioterapeutas, e encontrar a frequência dominante e verificar se está próxima aos valores encontrados na literatura.	A presente proposta vai além com a criação de um sistema para gerenciar as sessões dos pacientes e com análise dos dados. A frequência das sessões serão armazenadas para análises posteriores.

Fonte: Autor (2021)

Como apresenta a Tabela 1, esta solução proposta contempla a análise em tempo real da técnica de vibração torácica manual para auxiliar na execução pelos fisioterapeutas. A medição da vibração será através de um acelerômetro e de forma automatizada, ao final da sessão os dados serão armazenados no banco de dados.

Além disso, também será implementado um sistema para gerir o cadastro de pacientes e fisioterapeutas, e principalmente registrar as sessões de fisioterapia. Os dados disponibilizados no banco serão fornecidos para análises de progressão do estado dos pacientes e para visualizar sessões específicas.

## 4 SISTEMA PARA APOIO A SESSÕES DE FISIOTERAPIA RESPIRATÓRIA

Nesta seção serão apresentados os tópicos relacionados à descrição da proposta, modelagem da solução e implementação do sistema, como a implantação do *hardware*, *software*, *back-end* e *front-end*. São incluídos nestes tópicos a definição dos requisitos do sistema, a prototipação das telas, a modelagem do banco de dados, e as tecnologias utilizadas.

### 4.1 Descrição da Proposta

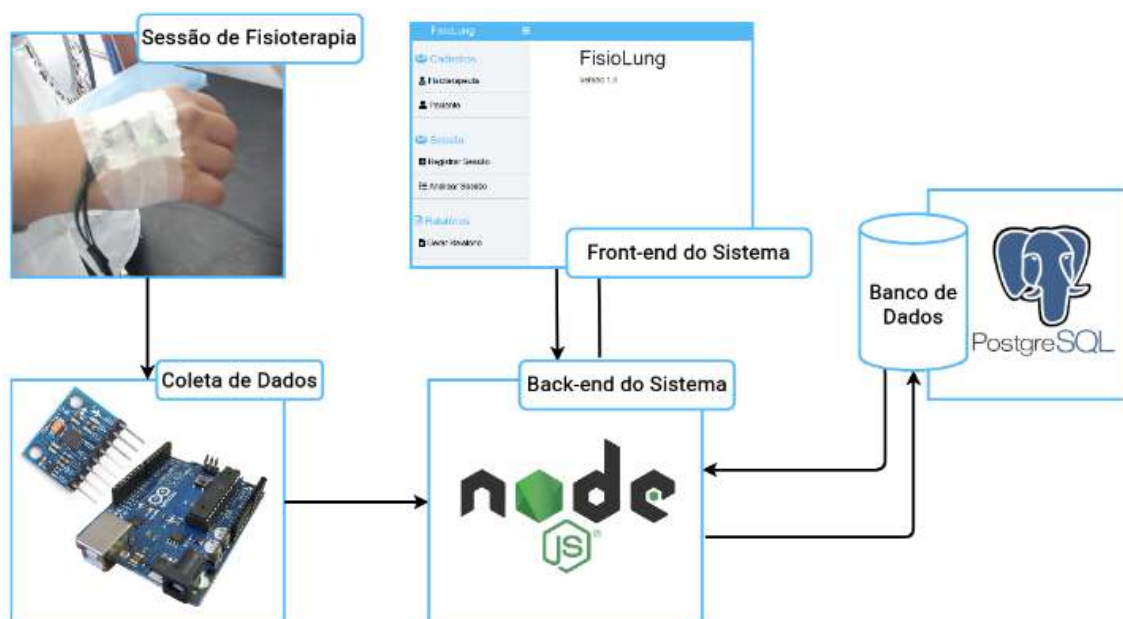
Criação de um sistema para monitoramento de sessões de fisioterapia respiratória através da integração de *hardware* e *software*. O profissional de fisioterapia será capaz de acompanhar a evolução do paciente pelo sistema, sendo de grande valia para o tratamento. Os usuários serão cadastrados com os dados pessoais para identificação, realizado pelo próprio fisioterapeuta que comandará a sessão. O sistema possui suporte para o registro das sessões que serão associadas aos pacientes, neste registro serão armazenadas as informações de anamnese, técnicas utilizadas e análise de técnica de vibração torácica manual. A Figura 8 mostra um infográfico esquematizando as funcionalidades do sistema.

Figura 8 – Infográfico do sistema



Os cadastros de usuário e os de sessões serão armazenados em um banco de dados *Structured Query Language* (SQL). Telas para cada ação do usuário vão ser confeccionadas com o intuito de fornecer um *feedback* intuitivo para o profissional. A captação da vibração na análise da vibração torácica será realizada com a utilização de um acelerômetro, os dados serão coletados e processados por um Arduino Uno e enviados ao sistema (Figura 9).

Figura 9 – Representação Conceitual da Solução Proposta



Fonte: Autor (2021)

Os gráficos de aceleração *versus* frequência serão mostrados na tela, dos três eixos do acelerômetro, para o profissional orientar-se em relação a execução da técnica. Será possível consultar as sessões específicas de cada usuário com todas as informações que foram armazenadas no banco de dados. Relatórios de usuários poderão ser gerados para análises mais precisas em relação à evolução do paciente com o decorrer do tratamento.

O objetivo desta solução é permitir o acompanhamento dos pacientes com problemas respiratórios, facilitando o trabalho dos profissionais de fisioterapia no tratamento. A digitalização das informações possibilitará uma melhor análise das sessões periódicas dos pacientes, além de facilitar no trabalho diário de avaliação. A análise da técnica de vibração torácica proporcionará um melhor desempenho por parte do profissional na execução, visto que auxilia a aplicação designando o valor de frequência, e assim podendo resultar em melhores índices de evolução do paciente.



## 4.2 Modelagem do Sistema

Um modelo de *software* captura uma visão de um sistema físico, é uma abstração do sistema com um certo propósito, como descrever aspectos estruturais ou comportamentais do *software* (GUEDES, 2011). A modelagem do sistema foi construída a partir da definição do problema de pesquisa. A ideia é referente a utilização do sistema por parte do fisioterapeuta para ajudar no acompanhamento do tratamento de pacientes com problemas respiratórios. O acompanhamento do tratamento é realizado a partir do registro de sessões que poderão ser consultadas individualmente ou agrupadas. O sistema também deve auxiliar na execução da manobra de vibração torácica manual, sob o controle do fisioterapeuta em todos os processos realizados.

Segundo Guedes (2011), por mais simples que seja, todo e qualquer sistema deve ser modelado antes de se iniciar sua implementação, entre outras coisas, porque os sistemas de informação frequentemente costumam ter a propriedade de “crescer”, isto é, aumentar em tamanho, complexidade e abrangência.

### 4.2.1 Definição de Requisitos

Os requisitos possuem como função especificar o projeto, fornecendo as informações necessárias para a implementação. Os requisitos estão diretamente associados às necessidades dos clientes de um sistema, definem o que o sistema deve fazer, descreve as funções, e as suas restrições operacionais (SOMMERVILLE, 2007).

A definição prévia dos requisitos foi dada em conjunto com fisioterapeutas, que atuaram como os *stakeholders*, para analisar as necessidades que o sistema precisa suprir. A coleta das informações foi realizada em reunião, sem uma lista de perguntas pré-definidas. Estabeleceu-se três níveis de prioridade para os requisitos, com a seguinte classificação:

- **Essencial:** é um requisito imprescindível, no qual, sem ele o sistema não entra em funcionamento.
- **Importante:** é o requisito em que o sistema entra em funcionamento sem ele mas não de maneira satisfatória. Devem ser implementados, mas, caso não seja possível o sistema continuará executando normalmente.
- **Desejável:** é o requisito que não compromete as funcionalidades básicas do sistema,

isto é, o sistema executa de maneira impecável sem a sua implementação.

Nesta seção serão detalhados dados a respeito dos requisitos funcionais e não funcionais. Os requisitos funcionais são as declarações de serviços que o sistema deve fornecer, além de todos os problemas e necessidades que devem ser atendidos e resolvidos pelo *software*. Na Tabela 2 foram apontados os requisitos funcionais definidos para o sistema.

Tabela 2 – Requisitos Funcionais do Sistema

<b>Código</b>	<b>Identificação</b>	<b>Classificação</b>	<b>Ator</b>	<b>Objetivo</b>
[RF001]	Cadastrar Pacientes	Essencial	Usuário	Este caso de uso serve para que os usuários possam ter sessões registradas.
[RF002]	Cadastrar Fisioterapeutas	Essencial	Usuário	Este caso de uso serve para identificar o profissional que realizará o atendimento.
[RF003]	Registrar Sessões	Essencial	Usuário	Este caso de uso serve para que o usuário possa armazenar as informações dos atendimentos.
[RF004]	Analisar Sessões	Essencial	Usuário	Este caso de uso serve para que o usuário tenha acesso as sessões.
[RF005]	Gerar Relatórios	Desejável	Usuário	Este caso de uso serve para que o usuário gere relatórios sobre suas atividades no sistema.

Fonte: Autor (2021)

Os requisitos não funcionais são as restrições dos serviços ou funcionalidades do sistema, estão relacionados à aplicação em relação a termos de desempenho, usabilidade, confiabilidade, segurança, disponibilidade, manutenção e tecnologias envolvidas. Os requisitos não funcionais são especificados na Tabela 3.

Tabela 3 – Requisitos Não Funcionais do Sistema

<b>Código</b>	<b>Classificação</b>	<b>Tipo</b>	<b>Objetivo</b>
[RNF001]	Essencial	Disponibilidade	A utilização do sistema não depende de conexão com a internet.
[RNF002]	Essencial	Compatibilidade	O sistema será desenvolvido para plataforma web.
[RNF003]	Essencial	Segurança	Os dados do usuário devem estar protegidos, e só devem ser acessados com autorização.
[RNF004]	Desejável	Usabilidade	O sistema deve ser de fácil utilização, mesmo por usuários iniciantes.

Fonte: Autor (2021)

Segundo Guedes (2011), na etapa de levantamento de requisitos, o desenvolvedor de *software* busca compreender as necessidades do usuário e o que ele deseja que o sistema a ser desenvolvido realize. Isso é feito sobretudo por meio de entrevistas, nas quais o desenvolvedor tenta compreender como funciona atualmente o processo a ser informatizado e quais serviços o cliente precisa que o *software* forneça.

O levantamento dos requisitos torna-se importante para a implementação do sistema, visto que possibilita uma visão mais clara do *software*. O processo de desenvolvimento somente é concluído quando o cliente está satisfeito, portanto requisitos podem ser adicionados ao decorrer da implementação dependendo do *feedback* do cliente. Para que os objetivos sejam atingidos é importante que o sistema seja bem planejado, para que as funções mais importantes possam ser compreendidas e implementadas da maneira correta.

#### 4.2.2 Prototipação de Telas

A prototipação é uma técnica bastante popular e de fácil aplicação. Essa técnica consiste em desenvolver rapidamente um rascunho do que seria o sistema de informação quando ele estivesse finalizado (GUEDES, 2011). De acordo com Guedes (2011), a utilização de um protótipo pode, assim, evitar que, após meses ou até anos de desenvolvimento, descubra-se, ao implantar o sistema, que o *software* não atende completamente às necessidades do cliente devido, sobretudo, a falhas de comunicação durante as entrevistas iniciais.

Segundo Pagés (2015), o *mock-up* é um protótipo feito antes do desenvolvimento do trabalho. Ele serve para transformar ideias em funcionalidades e ajuda o cliente a exteriorizar e compreender o que necessita. Ao trabalhar com um *mock-up*, o cliente expõe ao profissional o que se passa em sua cabeça, e consegue compreender melhor o nível de complexidade do trabalho, o que também facilita a comunicação e desenvolvimento do projeto.

Utilizou-se a ferramenta *Balsamiq Wireframes*<sup>1</sup> para a criação dos *mock-ups* das telas que são utilizadas no sistema, com o propósito de montar a estrutura do projeto e não se preocupar com o design em si da ferramenta. Na Figura 10 é ilustrado como será criado o cadastro de pacientes no sistema, onde deverão ser preenchidos os campos com os dados pessoais, além do endereço do usuário.

---

<sup>1</sup>Disponível em: <https://balsamiq.com/wireframes/>. Acesso em: 12 de Maio de 2021

Figura 10 – Tela de cadastro de pacientes

The screenshot shows a web browser window titled 'Cadastro de Paciente' with the URL 'https://localhost/cadastrar/paciente'. On the left is a sidebar menu with options: 'Cadastrar Fisioterapeuta', 'Cadastrar Paciente', 'Registrar Sessão', 'Analisar Sessão', and 'Gerar Relatórios'. The main content area is titled 'Cadastro de Paciente' and contains the following fields: 'Nome:' and 'Sobrenome:' (text boxes); 'Data de Nascimento:' (calendar icon) and 'CPF:' (text box); 'Sexo:' (dropdown menu with 'Masculino' selected) and 'Cadastro SUS:' (text box); 'Peso (kg):' and 'Patologia:' (text boxes); 'Fone:' (text box); 'Endereço:' section with 'Cidade:', 'Estado:' (dropdown menu with 'RS' selected), 'Bairro:', 'Rua:', 'CEP:', and 'Complemento:' (text boxes); and a 'Cadastrar' button at the bottom right.

Fonte: Autor (2021)

Na Figura 11 é ilustrado o cadastro dos fisioterapeutas, o resultado é muito próximo ao cadastro de pacientes, porém com um número menor de dados pessoais.

Figura 11 – Tela de cadastro dos fisioterapeutas

The screenshot shows a web browser window titled 'Cadastro de Fisioterapeuta' with the URL 'https://localhost/cadastrar/fisioterapeuta'. On the left is a sidebar menu with options: 'Cadastrar Fisioterapeuta', 'Cadastrar Paciente', 'Registrar Sessão', 'Analisar Sessão', and 'Gerar Relatórios'. The main content area is titled 'Cadastro de Fisioterapeuta' and contains the following fields: 'Nome:' and 'Sobrenome:' (text boxes); 'Data de Nascimento:' (calendar icon) and 'CPF:' (text box); 'Sexo:' (dropdown menu with 'Masculino' selected) and 'CREFITO:' (text box); 'Fone:' (text box); and a 'Cadastrar' button at the bottom right.

Fonte: Autor (2021)

Na Figura 12 é ilustrada a fase de registro dos dados iniciais da sessão, onde deve ser informado os sinais vitais do paciente, a ausculta, e as técnicas que serão utilizadas

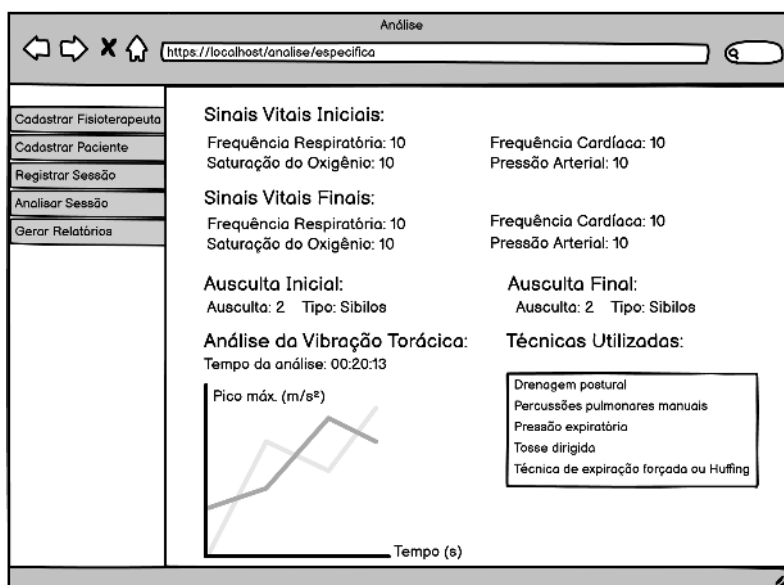
na sessão. Há também uma tela muito próxima a essa ao final da sessão para registrar os mesmos dados no encerramento da sessão.

Figura 12 – Tela de dados iniciais da sessão

Fonte: Autor (2021)

Na Figura 13 é ilustrada a análise de uma sessão específica, onde são exibidos os dados de sinais vitais iniciais e finais da sessão, os dados de ausculta inicial e final, as técnicas utilizadas, e os dados de análise da vibração torácica.

Figura 13 – Tela da análise de uma sessão específica

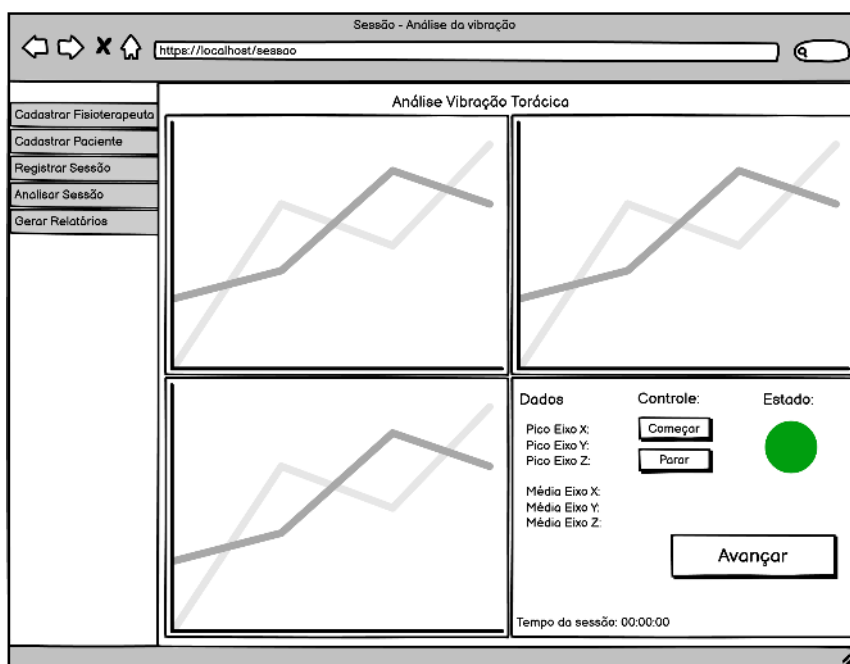


Fonte: Autor (2021)

A Figura 14 mostra a interface que será utilizada enquanto acontece a análise

da vibração torácica manual. A tela é dividida em quadrantes, onde nos três primeiros quadrantes estarão os gráficos da vibração nos eixos X, Y e Z respectivamente. No último quadrante ficam as informações de frequência, um controle para iniciar e parar a análise, e um *feedback* visual que assume as cores verde, amarelo ou vermelho, com o intuito de guiar o profissional durante a execução da técnica.

Figura 14 – Tela da análise da vibração torácica manual



Fonte: Autor (2021)

Com a prototipação das telas torna-se visível a implementação do sistema, facilitando a identificação de possíveis brechas na elicitação de requisitos. Além de transmitir para o cliente que o *software* está realmente se desenvolvendo. No Apêndice A estão as demais telas construídas para o sistema.

### 4.2.3 Casos de Uso

Os casos de uso adotam uma linguagem simples e possuem como objetivo a compreensão do comportamento externo do sistema por qualquer *stakeholder*. É uma técnica de elicitação de requisitos que apresenta o sistema através de perspectivas dos usuários. Um modelo de casos de uso fornecerá uma visão dos requisitos necessários ao sistema, identificando as funcionalidades do *software* e os atores que poderão utilizá-las,

não se preocupando em detalhar nada além disso (GUEDES, 2011).

Nesta seção serão detalhados os casos de uso, com a descrição de cada ator envolvido, as condições para execução, fluxo de tarefas, e passos dos atores sobre o sistema. Abaixo os casos de uso e suas informações.

#### UC01 - Cadastrar Paciente:

- Descrição: Serve para realizar um cadastro do paciente no sistema;
- Condições: O paciente não pode ter cadastro ativo no sistema;
- Atores: Fisioterapeutas;
- Fluxo de Tarefas:
  1. Inserir nome, sobrenome, e-mail, data de nascimento, CPF, fone, endereço, patologia, peso, sexo e cartão SUS;
  2. Direcionamento para tela de conclusão do cadastro;
  3. Caso de uso finalizado.

#### UC02 - Cadastrar Fisioterapeuta:

- Descrição: Serve para realizar um cadastro do fisioterapeuta no sistema;
- Condições: O fisioterapeuta não pode ter cadastro ativo no sistema;
- Atores: Fisioterapeutas;
- Fluxo de Tarefas:
  1. Inserir nome, sobrenome, e-mail, data de nascimento, sexo e tempo de formação;
  2. Direcionamento para tela de conclusão do cadastro;
  3. Caso de uso finalizado.

#### UC03 - Registrar Sessões:

- Descrição: Serve para o registro das sessões dos pacientes no sistema;
- Condições: Necessário paciente e fisioterapeuta possuir cadastro ativo no sistema;
- Atores: Fisioterapeutas;
- Fluxo de Tarefas:
  1. Informar sinais vitais do paciente (frequência respiratória, saturação do oxigênio, frequência cardíaca e pressão arterial);

2. Cadastrar técnicas utilizadas e informar grau de comprometimento pulmonar;
3. Fazer análise da técnica de vibração torácica manual;
4. Informar sinais vitais do paciente (frequência respiratória, saturação do oxigênio, frequência cardíaca e pressão arterial);
5. Informar avaliação sobre o estado do paciente;
6. Finalizar sessão.

#### UC04 - Analisar Sessão Específica:

- Descrição: Serve para exibir dados de uma sessão específica;
- Condições: Necessário o paciente possuir sessões cadastradas no sistema;
- Atores: Fisioterapeutas;
- Fluxo de Tarefas:
  1. Escolher opção de analisar sessão específica;
  2. Selecionar o paciente entre os listados;
  3. Escolher a sessão desejada para ser exibida;
  4. Finalizado o caso de uso.

#### UC05 - Analisar Sessões do Paciente:

- Descrição: Serve para exibir uma análise de todas as sessões do paciente;
- Condições: Necessário o paciente possuir sessões cadastradas no sistema;
- Atores: Fisioterapeutas;
- Fluxo de Tarefas:
  1. Escolher opção de analisar sessões;
  2. Selecionar o paciente entre os listados;
  3. Finalizado o caso de uso.

#### UC06 - Gerar Relatórios:

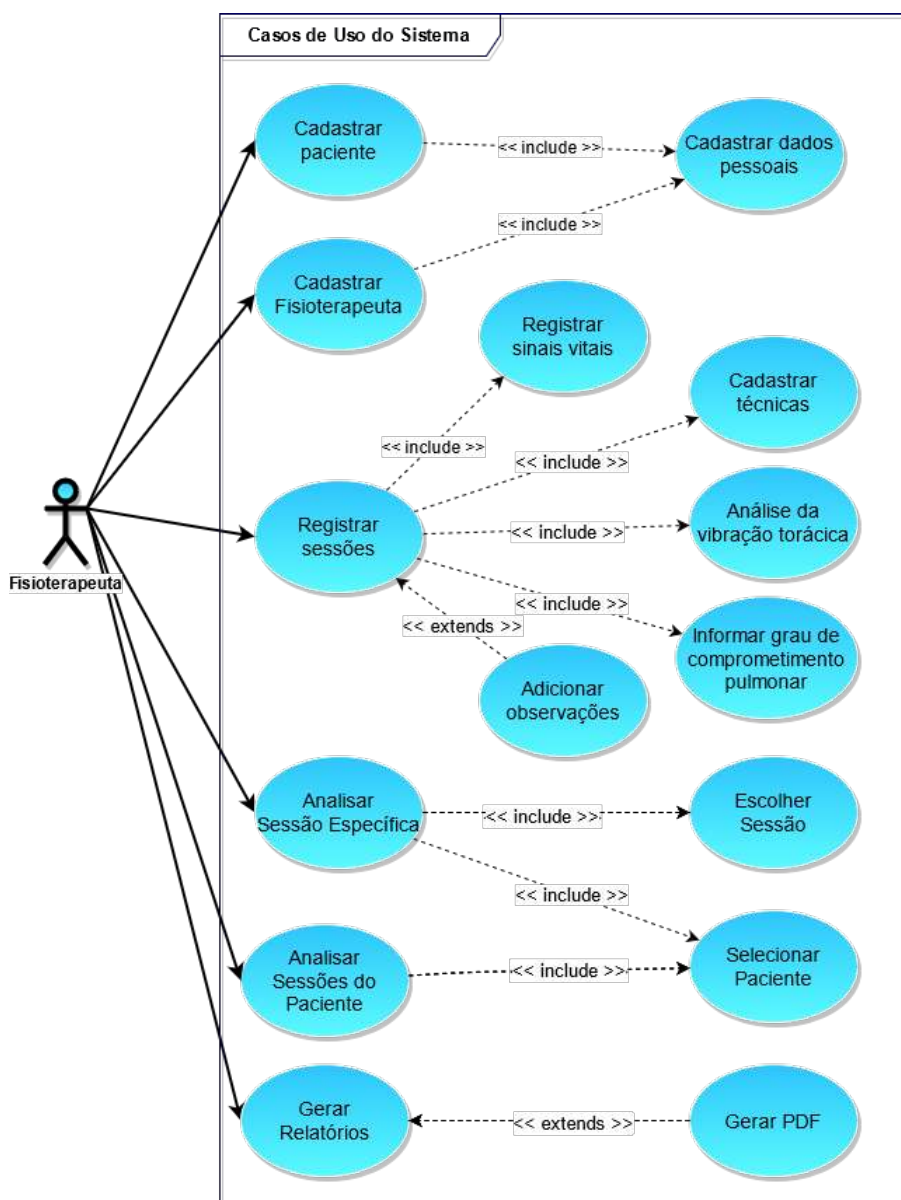
- Descrição: Serve para gerar relatórios das sessões do paciente;
- Condições: Necessário o paciente possuir sessões cadastradas no sistema;
- Atores: Fisioterapeutas;
- Fluxo de Tarefas:
  1. Escolher opção de gerar relatório;



2. Selecionar o paciente entre os listados;
3. Escolher entre *HyperText Markup Language* (HTML) ou *Portable Document Format* (PDF);
4. Finalizado o caso de uso.

Na Figura 15 é demonstrado o diagrama de caso de uso com o propósito de resumir os detalhes dos usuários e suas interações com o sistema. A elaboração foi realizada com base na descrição dos requisitos apresentados anteriormente.

Figura 15 – Casos de uso do sistema

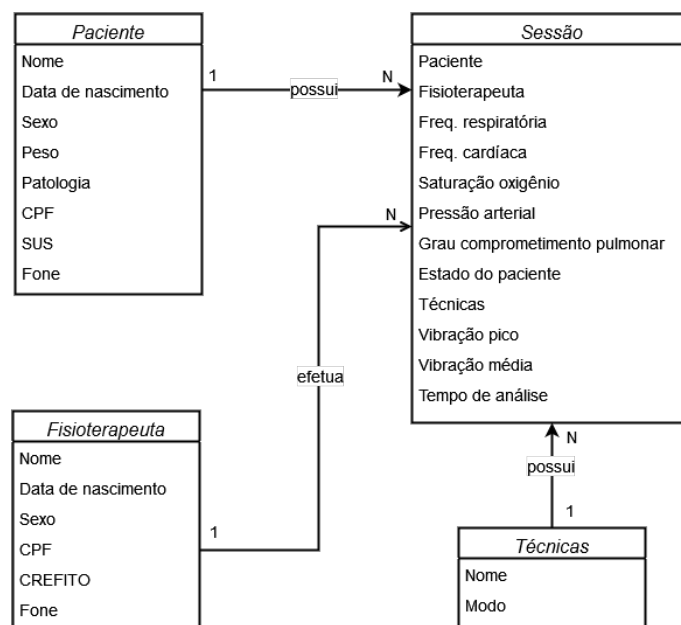


Segundo Guedes (2011), o diagrama de casos de uso é o diagrama mais geral e informal da Linguagem de Modelagem Unificada (UML), utilizado normalmente nas fases de levantamento e análise de requisitos do sistema. Apresenta uma linguagem simples e de fácil compreensão para que os usuários possam ter uma ideia geral de como o sistema irá se comportar. Procura identificar os atores que utilizarão de alguma forma bem como os serviços, ou seja, as funcionalidades que o sistema disponibilizará aos atores, conhecidas neste diagrama como casos de uso.

#### 4.2.4 Diagrama de Classe Conceitual

O diagrama de classes serve de apoio para a maioria dos demais diagramas, define a estrutura das classes utilizadas pelo sistema (GUEDES, 2011). Utilizou-se o modelo conceitual (Figura 16) que é obtido a partir da análise textual da definição do problema, requisitos e casos de usos. Este modelo representa os conceitos do domínio em estudo e possui a perspectiva destinada ao cliente.

Figura 16 – Diagrama Conceitual de Classe



Fonte: Autor (2021)

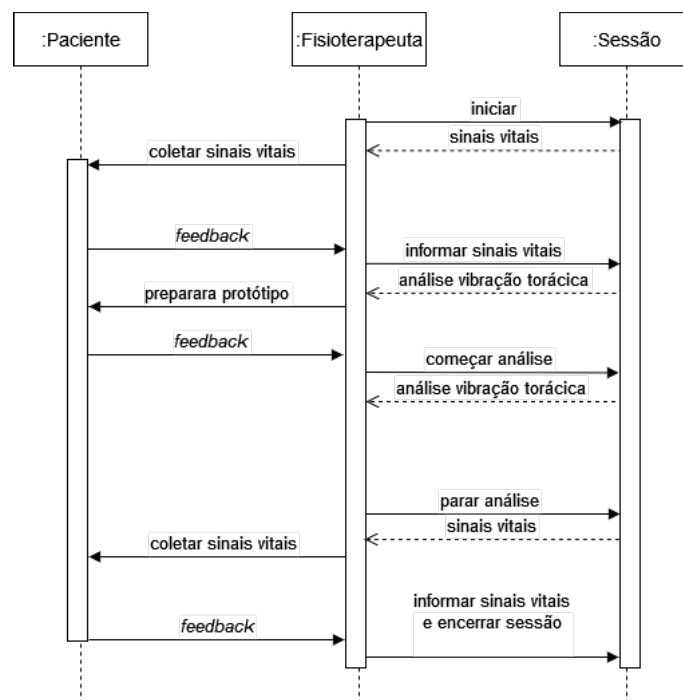
As classes Paciente, Fisioterapeuta, Sessão e Técnicas são referentes aos *models* do sistema. Um objeto da classe Fisioterapeuta efetua uma Sessão, e esta última

representada por objetos das classes Paciente e Técnicas.

#### 4.2.5 Diagrama de Sequência

O diagrama de sequência é um diagrama comportamental que preocupa-se com a ordem temporal em que as mensagens são trocadas entre os objetos envolvidos em um determinado processo. Um diagrama de sequência costuma identificar o evento gerador do processo modelado, bem como o ator responsável por esse evento, e determina como o processo deve se desenrolar e ser concluído por meio da chamada de métodos disparados por mensagens enviadas entre os objetos (GUEDES, 2011).

Figura 17 – Diagrama de Sequência



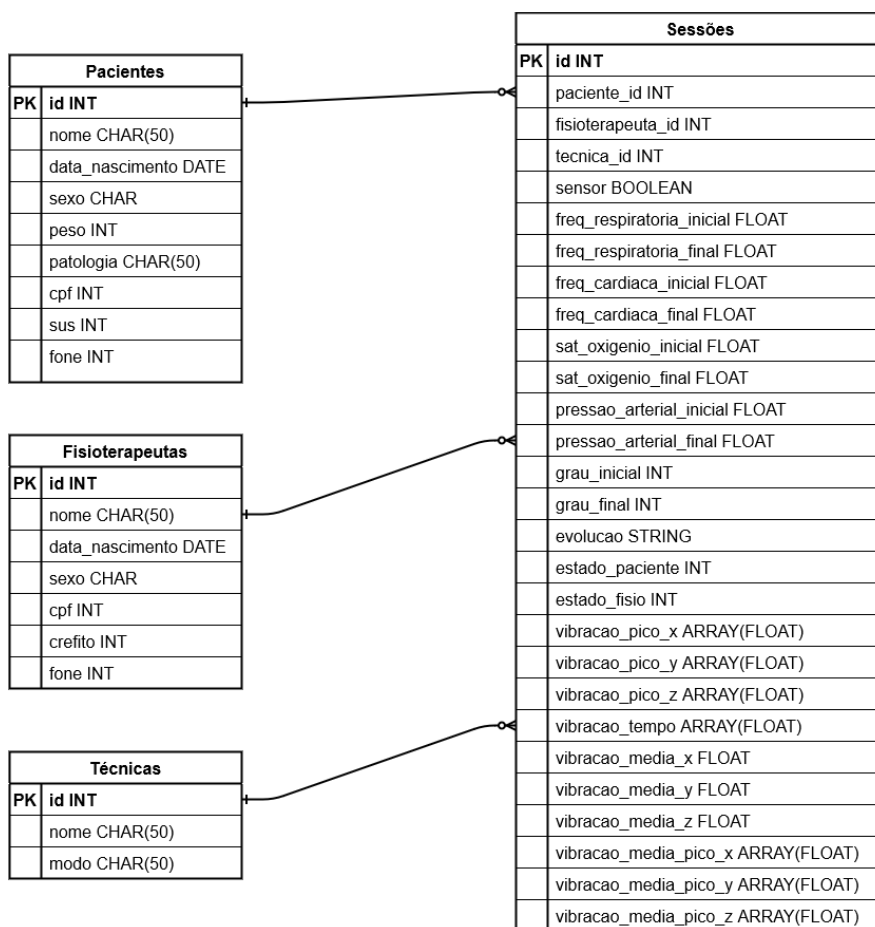
Fonte: Autor (2021)

A Figura 17 apresenta o diagrama de sequência de um cenário de utilização do sistema, o diagrama ilustra a ordem do tempo no registro de uma sessão. O fluxo começa a partir do fisioterapeuta dando início à sessão, é realizada a coleta dos sinais vitais iniciais do paciente e informado ao sistema, depois é preparado o protótipo no paciente e inicializada a análise da vibração torácica, o fisioterapeuta encerra a análise após um tempo determinado, e por final são coletados os sinais vitais e a sessão é encerrada.

#### 4.2.6 Banco de Dados

O Diagrama de Entidade Relacionamento (ER) foi concebido a partir dos requisitos listados anteriormente, é utilizado para descrever as entidades, atributos e relacionamentos, que precisarão se tornar permanentes por meio de um armazenamento em um banco de dados. O Modelo ER baseia-se na observação de que o mundo pode ser percebido como um conjunto de objetos, denominados entidades, e pelo conjunto dos relacionamentos entre essas entidades. As entidades são caracterizadas por um conjunto de atributos (CHEN, 1976). A proposta original do Modelo ER, apresentado no artigo de Chen (1976), era constituída de entidade, atributos e relacionamento. Posteriormente, estes conceitos foram detalhados e ampliados com objetivo de apresentar uma modelização mais representativa das realidades observadas (MAIA; ALVARENGA, 2014).

Figura 18 – Diagrama ER



O diagrama ER, como ilustra a Figura 18, representa o modelo físico e a estrutura que o banco de dados possuirá após sua implementação. De maneira mais clara são criados para projetar ou depurar bancos de dados relacionais na área de engenharia de *software*.

A tabela pacientes será responsável pelo armazenamento dos dados de cadastro do paciente, os campos da tabela são: identificador, nome, data de nascimento, sexo, peso, patologia, CPF, SUS e telefone. Na tabela de fisioterapeutas é onde serão armazenados os dados de cadastro dos fisioterapeutas, os campos são: identificador, nome, data de nascimento, sexo, Cadastro de Pessoas Físicas (CPF), Conselho Regional de Fisioterapia e Terapia Ocupacional (CREFITO) e telefone. Na tabela das técnicas serão armazenadas as técnicas que poderão ser utilizadas nas sessões, os campos são: identificador, nome e modo.

A tabela de sessões é onde vão ser armazenadas as sessões dos pacientes, os campos pertencentes são: identificador, identificador do usuário, identificador do fisioterapeuta, identificador da técnica, sensor, frequência respiratória inicial e final, frequência cardíaca inicial e final, saturação de oxigênio inicial e final, pressão arterial inicial e final, grau de comprometimento pulmonar inicial e final, estado do paciente avaliado por ele e pelo fisioterapeuta, pico de vibração dos três eixos, tempo da análise de vibração, vibração média nos três eixos, e média dos picos de vibração conforme o tempo.

### **4.3 Projeto FisioLung**

O sistema foi denominado como FisioLung em razão das palavras fisioterapia e *lung*, pulmão em inglês, termos associados à pesquisa proposta. A partir dos requisitos levantados na etapa anterior abre-se caminho para a implementação do sistema, saneando os pontos necessários para o funcionamento do mesmo. A implementação da solução é baseada na integração de *hardware* e *software*. O *hardware* conta com um protótipo para auxiliar na técnica de vibração manual utilizando-se da plataforma Arduino e um acelerômetro. O *software* contará com um *back-end* associado a um banco de dados que receberá as requisições, e conta com um *front-end* responsável pela interface de informação ao usuário. Na sequência serão apresentados os passos que apresentam a construção do sistema FisioLung.

### 4.3.1 Escala do Grau de Comprometimento Pulmonar

Adotou-se neste trabalho uma escala desenvolvida pelo Grupo de Informática Médica e Microeletrônica (GIMM) da Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA), na qual é descrito o grau de comprometimento pulmonar do paciente. A escala tem o objetivo de mensurar o estado de evolução ou involução do paciente, e está sendo utilizada no sistema atualmente como estudo científico e de experimentação.

A escala utiliza a disposição de elementos baseado na escala Likert, utilizando-se de cinco níveis (1 ao 5) referentes ao estado do paciente, do melhor (1) ao pior (5). A escala Likert, foi desenvolvida pelo cientista Rensis Likert entre 1946 e 1970, onde o respondente, em cada questão, diz seu grau de concordância ou discordância sobre algo escolhendo um ponto numa escala com cinco gradações (sendo as mais comuns: concordo muito, concordo, neutro/índiferente, discordo, discordo muito) (AGUIAR; CORREIA; CAMPOS, 2011).

Para a concepção da escala realizou-se um estudo referente à métodos já utilizados, para mensurar o estado de um paciente. Assim como entradas da escala foram utilizados os seguintes parâmetros: saturação do oxigênio, cianótico, frequência respiratória, frequência cardíaca, musculatura acessória, alteração da pressão arterial, escala de Borg, cooperação do paciente, paciente com presença de ruídos respiratórios patológicos e/ou tosse, e classificação da força muscular. A escala deve ser aplicada pelo fisioterapeuta, medindo e definindo os valores de entrada, e por final informar ao sistema o nível do paciente no início e no encerramento da sessão.

### 4.3.2 Tecnologias Utilizadas

Nesta seção serão abordadas as tecnologias utilizadas no desenvolvimento da aplicação, serão detalhados os motivos das escolhas e as descrições das ferramentas. Na Tabela 4 são apresentadas as ferramentas utilizadas no sistema.

Utilizou-se a placa de prototipação Arduino Uno <sup>2</sup> baseado no microcontrolador ATmega328P para coleta e processamento de dados vindos do acelerômetro do módulo MPU6050. A escolha do Arduino Uno deu-se em razão da praticidade do mesmo na integração com os módulos sensores e ao computador, além do conhecimento prévio da utilização da ferramenta. O código Arduino foi desenvolvido utilizando a biblioteca para

---

<sup>2</sup>Disponível em: <https://www.arduino.cc/>. Acesso em: 11 de Jul. de 2021

Tabela 4 – Tecnologias utilizadas na implementação

Ferramenta	Descrição
Arduino	É uma plataforma de prototipagem eletrônica de <i>hardware</i> livre e de placa única, projetada com um microcontrolador <i>ATmel</i> .
Adafruit MPU6050	Biblioteca para realizar conexão com o módulo MPU6050.
Wire	Biblioteca que possui o propósito de realizar comunicação <i>Inter-Integrated Circuit (I2C)</i> no Arduino.
arduinoFFT	Biblioteca para implementar cálculos de Transformação Rápida de Fourier de ponto flutuante no Arduino.
Node.js	É um <i>runtime</i> JavaScript (JS) construído na <i>Chrome's V8 JavaScript engine</i> , foi projetado para construir aplicativos de rede escalonáveis.
Bootstrap	É um <i>framework</i> web com código-fonte aberto para desenvolvimento de componentes de interface e <i>front-end</i> para sites e aplicações web usando HTML, <i>Cascading Style Sheets (CSS)</i> e JavaScript.
Express	É um <i>framework</i> para aplicativo da web do Node.js mínimo e flexível que fornece um conjunto robusto de recursos para aplicativos web e móvel.
Socket.IO	É uma biblioteca que permite a comunicação em tempo real, bidirecional e baseada em eventos entre o navegador e o servidor.
Chart.js	Biblioteca que gera gráficos JavaScript simples mas flexíveis.
Handlebars	Mecanismo de modelagem sem lógica que gera dinamicamente uma página HTML. É uma extensão do Mustache com alguns recursos adicionais.
Docker	Docker é um conjunto de produtos de plataforma como serviço (PaaS) que usam virtualização de nível de sistema operacional para entregar <i>software</i> em pacotes chamados contêineres.
PostgreSQL	PostgreSQL é um sistema gerenciador de banco de dados objeto relacional, desenvolvido como projeto de código aberto.
Sequelize	Sequelize é um mapeador objeto-relacional <i>promise-based</i> para Postgres, MySQL, MariaDB, SQLite e Microsoft SQL Server. Ele oferece suporte a transações sólidas, relações, carregamento rápido e lento, replicação de leitura e muito mais.

Fonte: Autor (2021)

a comunicação I2C chamada Wire <sup>3</sup>, a biblioteca do Adafruit MPU6050 <sup>4</sup> para captar os dados vindos do módulo e a biblioteca arduinoFFT <sup>5</sup> para o processamento dos dados. O módulo MPU6050 foi escolhido em razão da disponibilidade, com o intuito de aproveitar o acelerômetro do mesmo. A opção pelas bibliotecas Wire e arduinoFFT deram-se pela praticidade na implementação em conjunto com o Arduino.

O *back-end* da solução foi implementado com o *framework* Node.js <sup>6</sup> utilizando a arquitetura *Model-View-Controller (MVC)* para a integração do *back-end* com o *front-end* (Figura 19). O Node.js foi escolhido pela sua praticidade, em razão dos pacotes que podem ser utilizados, do conhecimento prévio da ferramenta, principalmente por suprir todas as necessidades da aplicação. O *framework* de *front-end* Bootstrap <sup>7</sup> foi utilizado

<sup>3</sup>Disponível em: <https://www.arduino.cc/en/reference/wire>. Acesso em: 18 de Jul. de 2021

<sup>4</sup>Disponível em: [https://github.com/adafruit/Adafruit\\_MPU6050](https://github.com/adafruit/Adafruit_MPU6050). Acesso em: 18 de Jul. de 2021

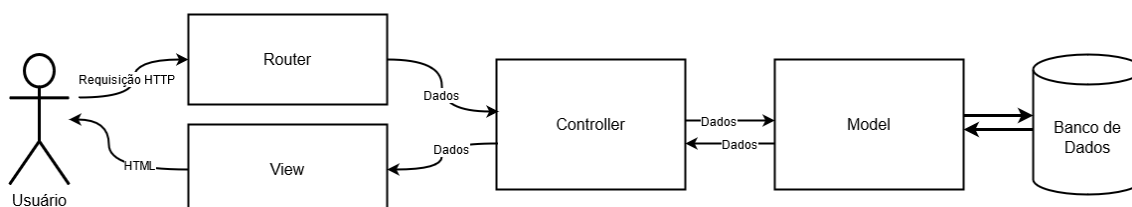
<sup>5</sup>Disponível em: <https://www.arduino.cc/reference/en/libraries/arduinoofft/>. Acesso em: 11 de Jul. de 2021

<sup>6</sup>Disponível em: <https://nodejs.org/>. Acesso em: 11 de Jul. de 2021

<sup>7</sup>Disponível em: <https://getbootstrap.com/>. Acesso em: 11 de Jul. de 2021

para desenvolver os componentes da aplicação web com HTML, CSS e JavaScript. A escolha por parte do Bootstrap deu-se pela facilidade no desenvolvimento das telas do sistema, além do *framework* tornar mais simples a responsividade na aplicação web.

Figura 19 – Arquitetura MVC



Fonte: Autor (2021)

Em conjunto com o Node.js utilizou-se do *framework* Express<sup>8</sup> para a criação das rotas da aplicação. O pacote *SerialPort* foi usado para acessar os dados enviados pelo Arduino na porta serial. A biblioteca Socket.IO<sup>9</sup> foi aplicada para transmitir os dados em tempo real vindos da porta serial para o *front-end*. A biblioteca Chart.js<sup>10</sup> foi utilizada no *front-end* para criar os gráficos dos três eixos do acelerômetro, foi escolhida por possuir uma aparência simples e bem otimizada na visualização dos dados. O pacote Handlebars<sup>11</sup> foi utilizado para facilitar a inserção de informações recebidas do banco de dados na página HTML. Utilizou-se o Docker<sup>12</sup> para a criação de um contêiner com o banco de dados PostgreSQL<sup>13</sup>, a conexão do banco com a aplicação é realizada através do Sequelize<sup>14</sup>. A escolha do PostgreSQL deu-se em razão de ser uma tecnologia de *software* livre e pelo conhecimento prévio da ferramenta. O Sequelize foi utilizado para facilitar a criação de tabelas, inserções e buscas no banco de dados.

### 4.3.3 Hardware

A implementação do nó sensor deu-se através da utilização de um acelerômetro MPU6050, que possui como função captar a aceleração dos eixo X, Y e Z, para mensurar a vibração torácica. A conexão entre o acelerômetro e o Arduino (Figura 20) é realizada

<sup>8</sup>Disponível em: <https://expressjs.com/>. Acesso em: 11 de Jul. de 2021

<sup>9</sup>Disponível em: <https://socket.io/>. Acesso em: 11 de Jul. de 2021

<sup>10</sup>Disponível em: <https://www.chartjs.org/>. Acesso em: 11 de Jul. de 2021

<sup>11</sup>Disponível em: <https://handlebarsjs.com/>. Acesso em: 11 de Jul. de 2021

<sup>12</sup>Disponível em: <https://www.docker.com/>. Acesso em: 11 de Jul. de 2021

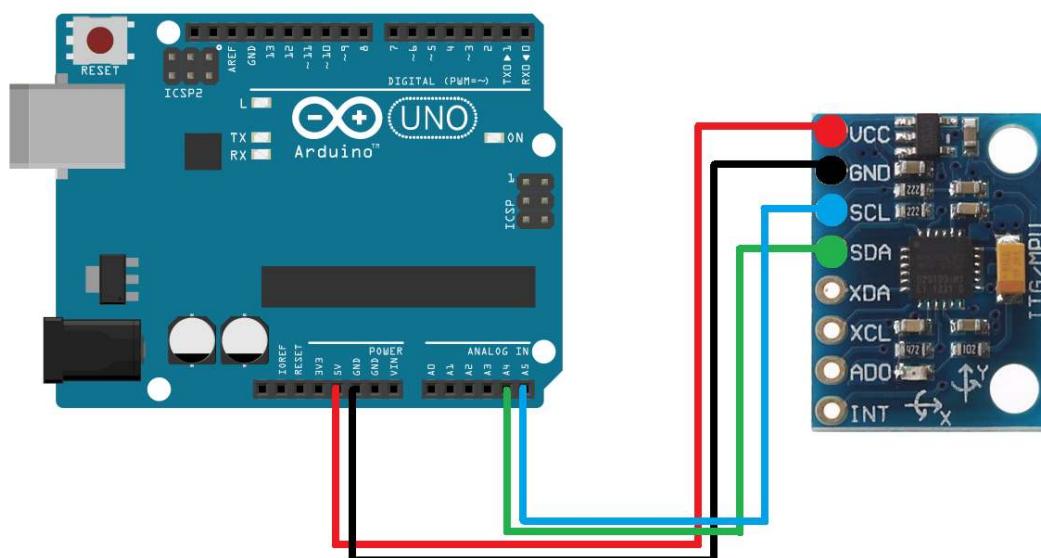
<sup>13</sup>Disponível em: <https://www.postgresql.org/>. Acesso em: 11 de Jul. de 2021

<sup>14</sup>Disponível em: <https://sequelize.org/>. Acesso em: 11 de Jul. de 2021



através de dois fios de alimentação VCC e GND, e dois fios de comunicação I2C realizada pelos dois pinos SCL e SDA do MPU6050 conectado aos pinos A5 e A4 do Arduino respectivamente.

Figura 20 – Conexão entre o MPU6050 e o Arduino Uno



Fonte: Autor (2021)

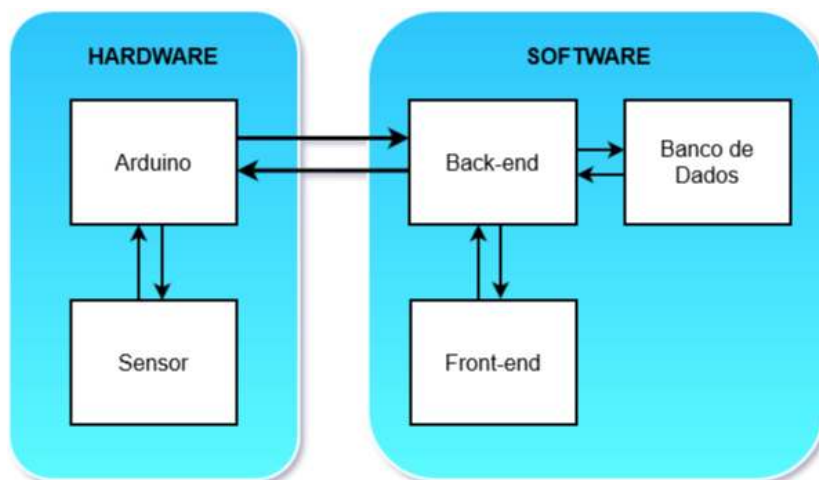
#### 4.3.4 Implementação do Protótipo

Visando o atendimento a pacientes acometidos por doenças pulmonares, será apresentada a implementação do sistema Fisiolung conforme a Figura 21. O sistema é composto pelo *software* utilizado no Arduino, *back-end* do sistema contemplando o banco de dados, e o *front-end* da aplicação.

O código utilizado no Arduino foi desenvolvido através das bibliotecas Wire, Adafruit MPU6050 e arduinoFFT, que foram usadas para a comunicação entre o Arduino e o acelerômetro, ajustes no acelerômetro e aplicação da Transformada Rápida de Fourier (FFT) respectivamente. Inicialmente no *setup* foi iniciada a comunicação entre o módulo MPU6050 e o microcontrolador, após foi estabelecida a utilização da porta serial em 38400 *Baud rates* (bps).

Foi inicializado o acelerômetro e estabelecido o número de 64 amostras para o cálculo da FFT em razão das limitações de memória interna do Arduino Uno. Para a

Figura 21 – Implementação do sistema Fisiolung



Fonte: Autor (2021)

realizar a Transformada Rápida de Fourier é necessário que o número de amostras seja  $2^n$ , onde  $n$  é um valor inteiro. Quanto maior é o número, mais lento fica o algoritmo, no entanto será obtida uma resolução maior para o resultados. Por final o alcance foi definido em  $8g$  (gravidade) conforme informações do *datasheet* do módulo.

Na função *loop*, função padrão do Arduino, é utilizada uma estrutura de repetição que executa os números de amostras com o objetivo de preencher os *arrays* dos três eixos do acelerômetro. Após a coleta, os dados dos três eixos são tratados com as funções da biblioteca *arduinoFFT*, são retornados os *arrays* com os dados já calculados além dos picos de frequência dos três eixos. Os picos são escritos na porta serial com um código identificador (Tabela 5).

Tabela 5 – Códigos identificadores na porta serial

<b>Código Identificador</b>	<b>Valor escrito na porta serial</b>
xp	Pico do Eixo X
yp	Pico do Eixo Y
zp	Pico do Eixo Z
ff	Frequência
xa	Aceleração Eixo X
ya	Aceleração Eixo Y
za	Aceleração Eixo Z

Fonte: Autor (2021)

Ao final é realizado um *for* com o valor das amostras divididos por 2, a FFT só retorna metade do número total das amostras, e são escritas na porta serial os dados dos três eixos com códigos de identificação, mostrados acima, para realização do *parser* no *back-end* do projeto.

Para a implementação do *back-end*, inicialmente foi criada a rota raiz da aplicação, onde é enviado o arquivo HTML do *front-end* para ser exibido na tela. É definida a porta 3000 para a conexão do servidor. Na construção da análise da técnica de vibração torácica foram realizados procedimentos para estabelecer a conexão entre o Arduino e o sistema. Os dados são transportados do Arduino para o sistema através da porta serial (Figura 22). A conexão é criada utilizando a biblioteca *SerialPort*, onde é estabelecida a porta onde o Arduino está conectado, a taxa de comunicação em 38400 *Baud rates*, e a inserção da quebra de linha como a divisão entre as informações recebidas do microcontrolador, facilitando o *parser*.

Figura 22 – Conexão Serial

```
const mySerial = new SerialPort('/dev/ttyACM0', {
  baudRate : 38400,
  parser : new SerialPort.parsers.Readline("\n")
});

mySerial.on("open", function(){
  console.log("Arduino conexão estabelecida!");
});
```

Fonte: Autor (2021)

Através da biblioteca *Socket.IO* os dados são enviados do *back-end* para o *front-end* do sistema (Figura 23). É utilizada uma *flag* para indicar se é a primeira vez que está sendo realizada a conexão. Quando “começar” é acionada no *front-end*, e sendo executada pela primeira vez, é criada a conexão e os dados são transmitidos através da função *emit*, assim realizando o *parser*. Quando “parar” é acionada, a conexão é parada através da função *pause*. Quando “começar” é acionada, e não é a primeira vez que está sendo executada, a transmissão é retomada através da função *resume*.

O sistema foi modelado para receber dados vindos de diferentes sensores de forma geral, isto é, sem depender de um modelo específico de dispositivo. Portanto, através do valor do campo “sensor” na tabela de sessões do banco de dados, o sistema é adaptado

Figura 23 – Transmissão via Socket.IO

```
io.on("connection", function(socket){
  console.log("Usuário está conectado!");

  socket.on("começar", () => {
    if (CONEXAO === 0){
      mySerial.pipe(new StringStream)
        .lines('\n')
        .each(
          data => io.sockets.emit('dadosArduino', data)
        );
      CONEXAO = 1;
    }

    else if (CONEXAO === 1) {
      mySerial.resume(function (err) {
        console.log('port closed', err);
      });
    }
  });

  socket.on("parar", () => {
    mySerial.pause(function (err) {
      console.log('port closed', err);
    });
  });
});
```

Fonte: Autor (2021)

para armazenar e mostrar dados conforme sua categoria. Para que o sensor seja aceito, a única condição é de que a saída da porta serial do Arduino seja no padrão utilizado no *parser* do sistema, como é apresentado na seção anterior.

Foi criado um arquivo de configuração para especificar o banco de dados e efetuar a conexão, neste arquivo estão inseridos o *host*, porta, nome de usuário, senha, nome do banco e *timezone*, estas configurações são importadas através de variáveis de ambiente. É definida uma pasta para criação das *migrations* que vão gerar as tabelas do banco de dados. E na pasta *models* são criados os modelos para cada tabela.

Definiu-se um arquivo de rotas, onde todas as rotas da aplicação estão inseridas, possuindo seus respectivos arquivos *controller*, no qual estão inseridas as funções que realizam interações no banco de dados. Foi criada uma pasta para armazenar os *logs* das sessões, esses *logs* são gerados quando uma sessão é cadastrada, e são utilizados para fins de depuração e controle das informações vindas da sessão realizada pelo paciente. Na pasta *views* estão inseridos todos os arquivos *handlebars* que são renderizados através das

rotas.

Para implementação do *front-end*, utilizou-se o *framework* bootstrap para auxiliar na confecção das telas da aplicação (Figura 24), através do *handlebars* foi definido um layout padrão com um menu lateral para a navegação entre as rotas da aplicação. As outras telas da aplicação são inseridas dentro do layout, assim mantendo um padrão em todo o sistema. Os formulários de cadastro são enviados através do *action* do HTML ou através da função *fetch* do próprio JavaScript.

Figura 24 – *Front-end* da aplicação

**Cadastro Paciente**

**Campos obrigatórios**

**Nome** (obrigatório): Digite o nome

**CPF** (obrigatório): Digite o CPF

**Data de Nascimento** (obrigatório): dd / mm / aaaa

**Sexo** (obrigatório): Feminino

**Peso** (obrigatório): Digite o peso

**Patologia** (obrigatório): Digite a patologia

**SUS** (obrigatório): Digite o sus

**Fone** (obrigatório): Digite o fone

**Cadastrar**

Fonte: Autor (2021)

Na tela de análise da técnica de vibração torácica, a partir da biblioteca Chart.js são criados três gráficos para os dados dos três eixos do sensor acelerômetro vindos do *back-end* pelo Socket.IO, quando o sensor é de vibração somente um gráfico é criado. Foram criadas duas funções para começar e parar a transmissão dos dados via *socket*, os dados que são emitidos pelo *back-end* passam por um parser que executam diferentes funções para tratar cada caso. Essas funções diferenciam os tipos de dados e os adequam para o armazenamento.

Os dados vão sendo armazenados em *arrays* para cada eixo e para a frequência, ao final da transmissão de cada conjunto de dados os gráficos são criados, com os dados dos *arrays*, e os picos atualizados no HTML. É realizada a média dos três eixos para facilitar a compreensão por parte do profissional, e um elemento visual com as cores verde, amarelo e vermelho sinalizando o desempenho da execução da técnica em relação aos valores de frequência indicados na literatura. Também é utilizado um *timer* que é disparado quando o usuário começa a análise e o mesmo utilizado para mostrar na tela o tempo da sessão.

Na tela de análise de sessões, é selecionado o paciente, e logo após a sessão específica, ambas seleções são realizadas através de uma caixa de seleção. A análise é formatada em *grid*, sendo possível na primeira parte acompanhar os sinais vitais e finais do paciente através de gráficos de barras específicos para cada sinal vital. Logo abaixo são exibidos o gráfico de frequência *versus* tempo, e o gráfico da média de frequência *versus* tempo, e ao final os dados finais da sessão.

Na análise geral das sessões do paciente, são exibidos os gráficos dos sinais vitais, iniciais e finais, ao longo de todas as sessões cadastradas no sistema. É gerada uma tabela com informações de todos os dados das sessões, assim facilitando a comparação por parte do fisioterapeuta, e apresentando a evolução do quadro do paciente, a tabela ainda possui um *link* para cada sessão específica do paciente.

Na funcionalidade de gerar relatórios, o usuário deve selecionar entre análise geral ou específica do paciente, selecionar o paciente e a sessão se necessário, e informar a extensão de arquivo desejada (HTML ou PDF). Então é gerado o relatório a partir dos dados contidos no banco de dados, e com a data de geração do arquivo.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este capítulo apresenta a concepção e realização dos testes do sistema. Serão apresentados as informações relacionadas a formulação dos testes, e também considerações acerca dos resultados obtidos.

### 5.1 Testes de *Software*

Nesta seção serão apresentados os testes do sistema Fisiolung, para realizar a validação do sistema foram elaborados testes que abordam o funcionamento específico de um determinado componente de *hardware*, e funcionalidades específicas do *software*. As especificações e elaboração do planejamento de testes estão disponíveis no Apêndice B, onde é apresentado o documento de plano de testes da ferramenta.

#### 5.1.1 *Software* Fisiolung

Após a implementação do sistema Fisiolung, foram realizados testes em todas as suas funcionalidades, com o propósito de elucidar o funcionamento do sistema nas funções de cadastros, registro de sessões, análise das sessões, e relatórios. Inicialmente foram cadastrados pacientes (Figura 25) e fisioterapeutas para testar o funcionamento da solução, e também para realizar os testes de registro de sessão. Os resultados aconteceram como o esperado, com os cadastros armazenados no banco de dados da aplicação.

Figura 25 – Cadastro de Pacientes

Figura 25 mostra a interface de usuário para o cadastro de um paciente. O formulário, intitulado "Cadastro Paciente", contém os seguintes campos obrigatórios:

- Nome:** Campo de texto com o placeholder "Digite o nome".
- CPF:** Campo de texto com o placeholder "Digite o CPF".
- Data de Nascimento:** Campo de texto com o placeholder "dd / mm / aaaa".
- Sexo:** Campo de seleção com o valor "Feminino" selecionado.
- Peso:** Campo de texto com o placeholder "Digite o peso".
- Patologia:** Campo de texto com o placeholder "Digite a patologia".
- SUS:** Campo de texto com o placeholder "Digite o sus".
- Fone:** Campo de texto com o placeholder "Digite o fone".

Um botão azul "Cadastrar" está localizado na parte inferior esquerda do formulário. No canto superior direito, há uma legenda "Campos obrigatórios" com um ícone de ponto azul.

Fonte: Autor (2021)

No início de registro da sessão, como ilustra a Figura 26, é necessário selecionar o fisioterapeuta que vai conduzir a sessão, o paciente que receberá o tratamento, o tipo de sensor utilizado, as técnicas que serão aplicadas além da vibrocompressão torácica, os sinais vitais do paciente ao início da sessão, e informar o grau de comprometimento pulmonar através da escala. Foram selecionados os usuários cadastrados anteriormente, e informados dados fictícios e posteriormente iniciou-se a simulação da sessão.

Figura 26 – Início do registro da sessão

**Sessão**

Campos obrigatórios

Selecionar Fisioterapeuta: Teste

Selecionar Paciente: Teste

Selecionar Sensor: Sensor Acelerômetro

Técnica: Selecionar Técnica

Frequência Respiratória: Digite a frequência respiratória

+ Vibrocompressão Torácica

Frequência Cardíaca: Digite a frequência cardíaca

Saturação do Oxigênio: Digite a saturação do oxigênio

Pressão Arterial: Digite a pressão arterial

Grau de Comprometimento Pulmonar:

1. 😊     2. 😊     3. 😊     4. 😊     5. 😊

**Iniciar**

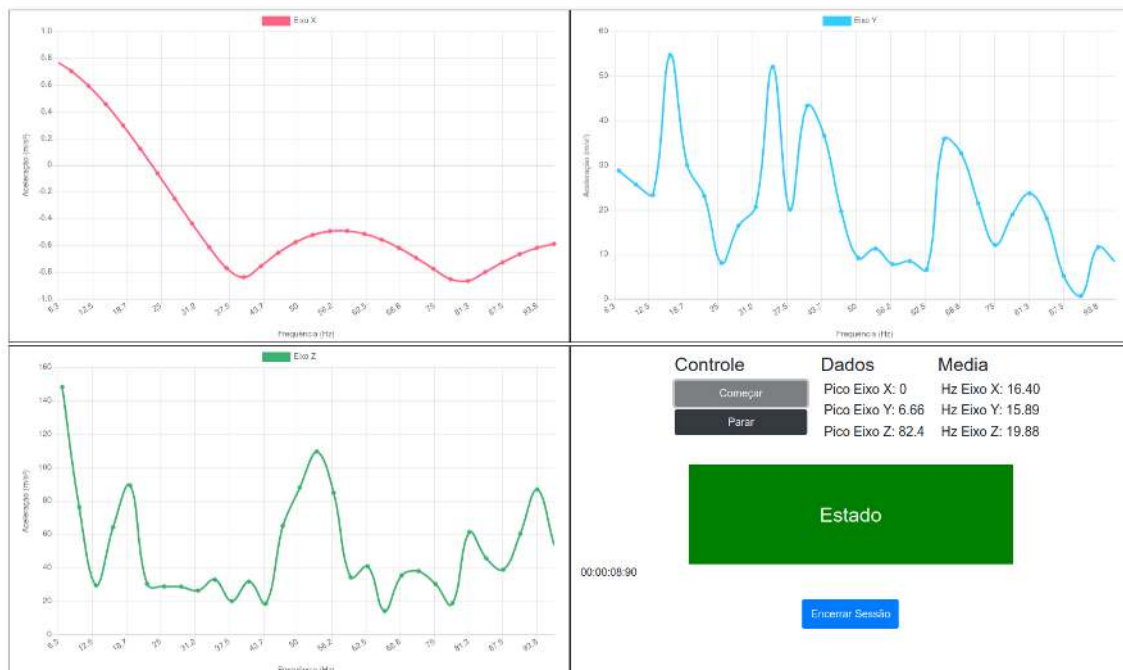
Fonte: Autor (2021)

Após o início da sessão, o usuário é direcionado à tela da análise de vibração (Figura 27). Nessa etapa o Arduino deve estar conectado ao computador junto com o acelerômetro, na parte de controle, local da página onde estão os botões de comando da sessão, é possível começar e terminar a análise da técnica de vibração torácica. Os resultados para essa etapa aconteceram como o esperado, o *software* foi capaz de receber do Arduino as informações necessárias e, assim, foram apresentados os dados sem atrasos e com precisão.

São exibidos os dados de pico da frequência a cada coleta e a média dos picos de frequência com o passar do tempo. Há uma seção de controle do estado que pode assumir as cores verde, amarelo e vermelho, esta seção corresponde ao desempenho da aplicação da técnica no paciente correspondendo aos níveis bom, satisfatório e insatisfatório respectivamente. Quando o botão de encerrar sessão é acionado, a sessão é encerrada e os dados correspondentes são armazenados no banco de dados, como o esperado.



Figura 27 – Registro da análise da vibração torácica



Fonte: Autor (2021)

Para a análise de uma sessão específica é necessário selecionar o paciente, e em seguida a sessão que será analisada, conforme apresentado na Figura 28. Após o carregamento da página são exibidos os gráficos dos sinais vitais iniciais e finais, com o propósito de ilustrar ao fisioterapeuta a diferença que possa ter ocorrido durante a sessão.

Figura 28 – Início da análise de sessão específica

Selecionar Paciente

Teste2

Iniciar

Selecionar Sessão

Nº 1 | Data: 27/07/2021

Iniciar

Fonte: Autor (2021)

Na Figura 29, é apresentado o gráfico de pico de frequência das coletas em relação ao tempo, o gráfico ilustrado apresenta os picos de frequência com o passar do tempo da análise de vibração. Este gráfico é responsável por elucidar os pontos de maior frequência, maior esforço físico do fisioterapeuta na aplicação, durante a sessão. Assim é possível

identificar os tempos em que aconteceram as aplicações da vibrocompressão, e verificar se o desempenho está dentro da faixa estipulada na literatura.

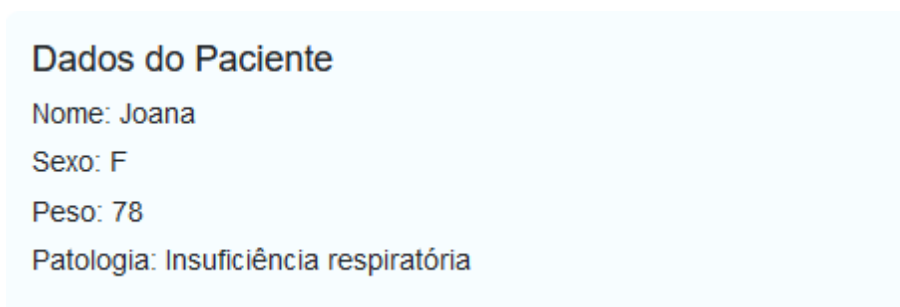
Figura 29 – Análise de uma sessão específica



Fonte: Autor (2021)

Na análise de sessão geral também é necessário selecionar o paciente, e então é gerada a página de análise com os dados de todas as sessões do indivíduo selecionado. Inicialmente são exibidos os dados do paciente, como ilustra a Figura 30.

Figura 30 – Dados do paciente



Fonte: Autor (2021)

Na Figura 31 é demonstrada uma tabela com os dados dos sinais vitais dos pacientes em cada sessão, além da data, tempo de sessão, fisioterapeuta que aplicou a sessão, e um *link* de acesso a cada sessão específica.

Figura 31 – Tabela com dados das sessões do paciente

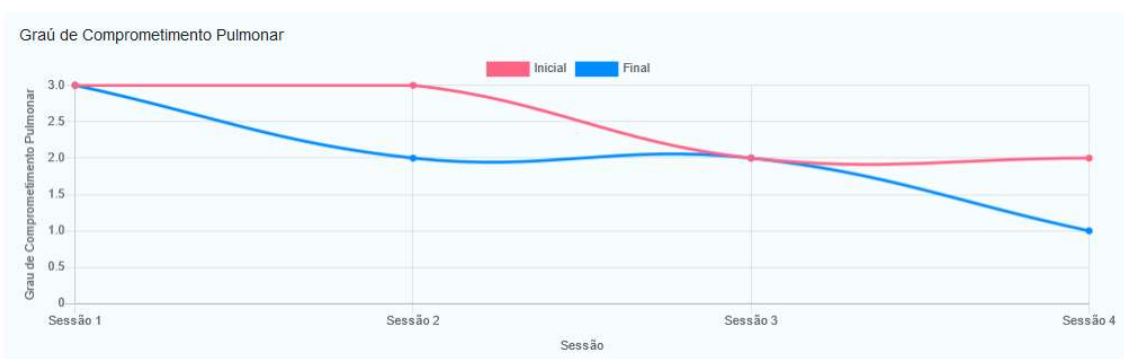
Tabela Geral das Sessões														
ID	Fisio	FR Inicial	FR Final	FC Inicial	FC Final	SO Inicial	SO Final	PA Inicial	PA Final	GCP Inicial	GCP Final	Tempo (s)	Data	Sessão
9	João	64	71	87	21	43	21	56	45	3	3	22.433	28/7/2021	<a href="#">Acessar</a>
10	João	76	65	45	45	63	45	34	56	3	2	16.4	28/7/2021	<a href="#">Acessar</a>
11	João	70	70	70	70	70	70	70	70	2	2	17.26	28/7/2021	<a href="#">Acessar</a>
12	João	73	75	73	73	73	73	73	79	2	1	17.872	28/7/2021	<a href="#">Acessar</a>

FR = Frequência Respiratória, FC = Frequência Cardíaca, SO = Saturação do Oxigênio, PA = Pressão Arterial, GCP = Grau de Comprometimento Pulmonar

Fonte: Autor (2021)

Por fim são exibidos gráficos de linhas (Figura 32) para mostrar a evolução do paciente ao decorrer das sessões, cada sinal vital e a escala de grau de comprometimento pulmonar são ilustradas nessa parte.

Figura 32 – Exemplo de gráfico dos sinais vitais e grau de comprometimento pulmonar

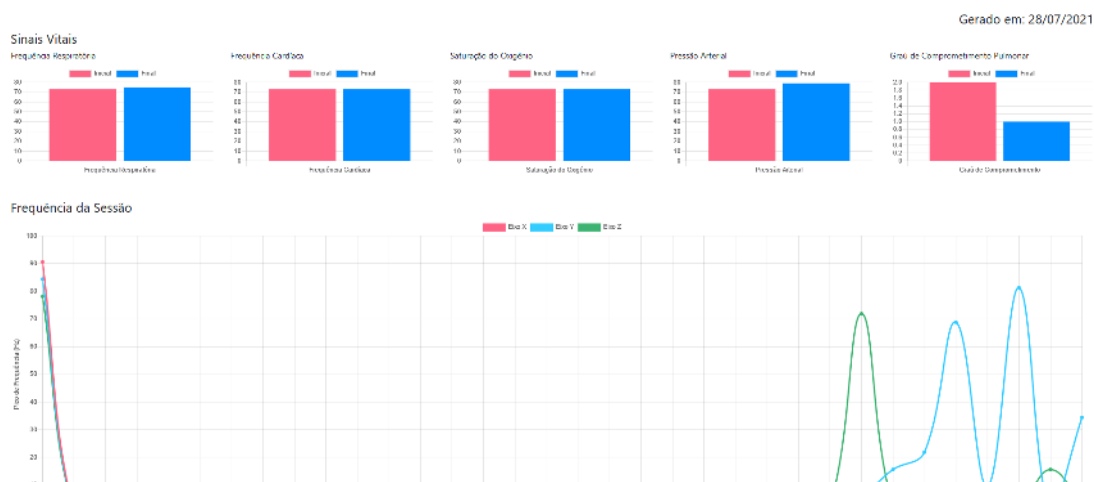


Fonte: Autor (2021)

O FizioLung ainda disponibiliza o recurso de geração de relatórios, que para ser acessado deve ser escolhida a opção de relatório de sessão específica ou geral, na específica deve ser selecionado o paciente, a sessão e o formato, e na geral deve ser

selecionado o paciente e o formato. Os formatos podem ser PDF ou HTML, e então por fim é gerado o relatório (Figura 33) desejado com data atual.

Figura 33 – Relatório gerado em HTML



Fonte: Autor (2021)

Os dados de sessão utilizados foram estritamente para testar o desempenho e demonstrar as funcionalidades do sistema Fisiolung. A versão deste protótipo possui como propósito a realização da análise da técnica de vibração torácica manual, e o armazenamento de dados para a comparação dos sinais vitais do paciente, a fim de realizar os testes do sistema.

### 5.1.2 Testes de Aplicação

Os testes de aplicação são atividades que contribuem com a qualidade do *software* a ser testado. Testar um *software* e relatar impressões e não conformidades é fornecer um diagnóstico do estado da aplicação (PONTES, 2009). Segundo Maldonado et al. (2004), a atividade de teste consiste de uma análise dinâmica do produto e é uma atividade relevante para a identificação e eliminação de erros que persistem.

A Figura 34 ilustra a divisão dos testes realizados na aplicação, no primeiro momento foi realizado o teste individual do sensor acelerômetro utilizado no protótipo, o teste de comunicação entre o Arduino e *software* do sistema através da porta serial, e por último o teste das funcionalidades do *software* da aplicação.

Figura 34 – Divisão dos Testes Realizados



Fonte: Autor (2021)

Na etapa de teste individual do sensor, foi realizado o teste no sensor acelerômetro que apresentou um funcionamento correto (Figura 35). Assim foi possível realizar a leitura dos sinais emitidos, e gerar as informações de aceleração, pico de aceleração e valores de frequência.

Figura 35 – Monitor Serial do Arduino

```
/dev/ttyACM0
13:51:50.544 -> za592.30
13:51:50.544 -> ff87.5
13:51:50.544 -> xa9.17
13:51:50.544 -> ya9.98
13:51:50.544 -> za151.82
13:51:50.544 -> ff90.6
13:51:50.544 -> xa9.50
13:51:50.544 -> ya19.83
13:51:50.544 -> za433.53
13:51:50.577 -> ff93.8
13:51:50.577 -> xa9.73
13:51:50.577 -> ya12.90
13:51:50.577 -> za316.74
13:51:50.577 -> ff96.9
13:51:50.577 -> xa9.88
13:51:50.577 -> ya11.62
13:51:50.577 -> za625.19
13:51:50.577 -> -
```

Fonte: Autor (2021)

Nos testes de comunicação entre o nó sensor e o *software* da aplicação, alcançou-se o comportamento esperado estabelecendo uma conexão precisa e em tempo real de coleta e envio de dados, conforme a Figura 36.

Figura 36 – Console no *back-end* do sistema

```
ff43.7
xa0.37
ya2.67
za3.60
ff46.9
xa0.27
ya4.72
za11.01
ff50.0
xa0.16
ya3.62
za74.18
ff53.1
xa0.03
ya1.79
za5.38
ff56.2
>>
```

Fonte: Autor (2021)

Com a realização destes testes conseguimos identificar que há uma comunicação estável e precisa entre o Arduino, e o *back-end* do sistema. Com estas informações pode-se confiar nos dados obtidos através do sensor, utilizando-os para mensurar a aplicação da técnica de vibração torácica manual.

### 5.1.3 Teste de Segurança de Aplicativo Estático

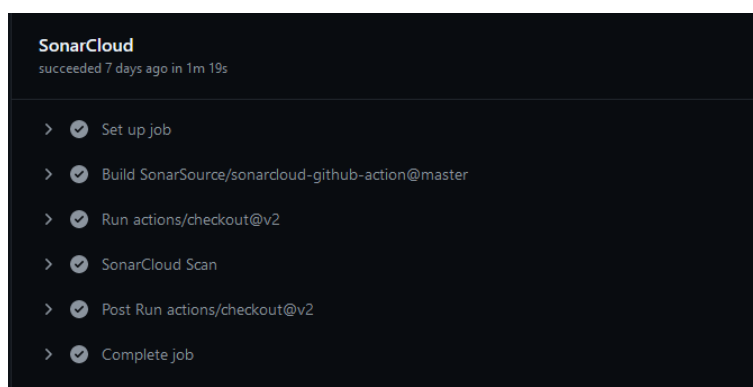
O sistema deverá ficar disponível na rede, para ser acessado em trabalhos futuros, desta forma a privacidade e segurança são pontos importantes de serem observados. Desta forma realizou-se o Teste de Segurança de Aplicativo Estático (SAST) que é realizado para revisar diretamente o código fonte do programa, ele atua buscando falhas de segurança e possíveis fraquezas no desenvolvimento (TELES, 2018). O SAST é um método de teste caixa branca, isto é, trabalha diretamente sobre o código fonte do componente de software para avaliar aspectos tais como: teste de condição, teste de fluxo de dados, teste de ciclos e teste de caminhos lógicos (PRESSMAN, 2005).

Para a execução do teste foi utilizado o *software* SonarQube <sup>1</sup>, que analisa de maneira contínua, a cada *commit* no repositório do código, a inspeção de qualidade do código utilizando-se de análise estática para detectar *bugs*, *smell codes* e vulnerabilidades

<sup>1</sup>Disponível em: <https://www.sonarqube.org/>. Acesso em: 02 de Ago. de 2021

de segurança. A aplicação do teste foi realizada através da ferramenta SonarCloud <sup>2</sup>, que executa o SonarQube na própria *cloud* através de repositório público no GitHub <sup>3</sup>. Assim, configurou-se a partir do GitHub Actions <sup>4</sup> uma *pipeline* (Figura 37) para a execução do *scanner* do SonarCloud, que é capaz de configurar o *job*, fazer o *build* do código, e a realização da inspeção.

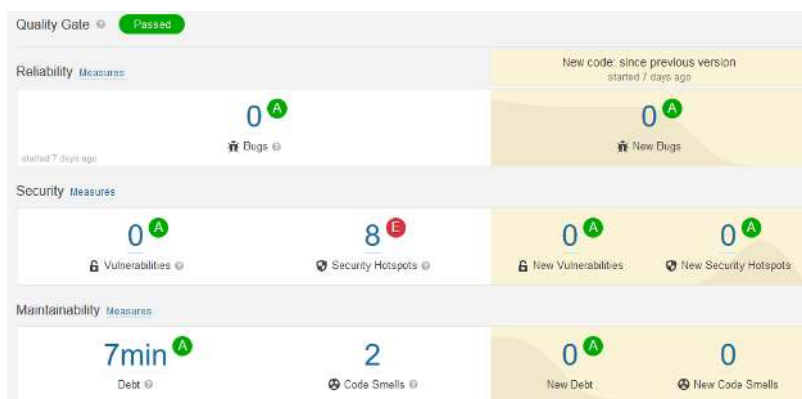
Figura 37 – *Job* do SonarCloud na *pipeline*



Fonte: Autor (2021)

Na Figura 38 é apresentada a análise do código após o *scan* realizado pelo SonarQube. Ao lado esquerdo temos a primeira análise, e do lado direito a análise após as correções apontadas pela ferramenta.

Figura 38 – Análise do código no SonarQube



Fonte: Autor (2021)

<sup>2</sup>Disponível em: <https://sonarcloud.io/>. Acesso em: 02 de Ago. de 2021

<sup>3</sup>Disponível em: <https://github.com/>. Acesso em: 02 de Ago. de 2021

<sup>4</sup>Disponível em: <https://github.com/features/actions>. Acesso em: 02 de Ago. de 2021

Em relação a questão de confiabilidade podemos ver os *bugs*, que são erros ou falhas no código. Em segurança podemos ver as vulnerabilidades do código, e os *security hotspots* que são partes do código sensíveis à segurança. Na parte de capacidade de manutenção, é apresentado os *code smells* que são partes do código onde não são adotadas as melhores práticas da linguagem de programação, e também o tempo estimado que levaria à correção dessas partes do código.

Figura 39 – Análise da parte de duplicação no SonarQube



Fonte: Autor (2021)

Já na seção de duplicações (Figura 39), é apresentada a porcentagem de código duplicado e o número de blocos duplicados. Com a implementação do teste foi possível elencar possíveis falhas e corrigi-las, assim obtendo um código e de qualidade seguindo as boas práticas de programação.

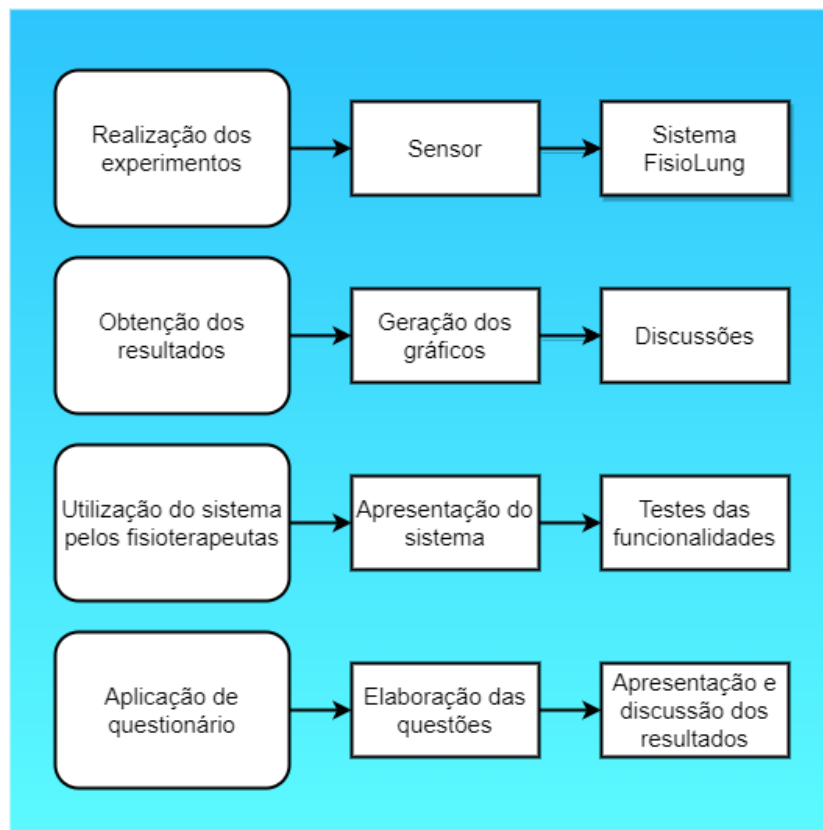
## 5.2 Experimentos

Nesta seção serão apresentados experimentos para a validação do sistema Fisiolung. Foi realizada uma sessão de fisioterapia com o intuito de validar o protótipo através da coleta de dados sobre a técnica de vibração torácica. Também foram abordados os pontos em relação a posição de melhor desempenho do nó sensor, e o desempenho das funções implementadas no sistema de fisioterapia.

A Figura 40 apresenta um infográfico com as etapas do processo dos experimentos e resultados, estes que serão abordados ao decorrer da seção. Inicialmente a descrição da realização dos experimentos, a apresentação e discussão dos resultados encontrados, a utilização da ferramenta pelos fisioterapeutas, e o resultado da aplicação de questionário aos voluntários.



Figura 40 – Infográfico dos experimentos



Fonte: Autor (2021)

Na realização dos experimentos será abordada a utilização do sensor acelerômetro, assim como o sistema FioLung como um todo. Na obtenção dos resultados serão apresentados os dados dos experimentos em formato de gráficos e tabelas, além das discussões sobre os valores. Será abordada a utilização do sistema pelos fisioterapeutas, primeiramente a apresentação do sistema e no segundo momento os testes das funcionalidades na primeira utilização da ferramenta. Por final a aplicação de um questionário aos fisioterapeutas, apresentando as questões elaboradas, e os resultados e discussões sobre as respostas coletadas.

### 5.2.1 Procedimento Experimental

Para a realização do experimento organizou-se uma sessão de fisioterapia para a validação do sistema. A sessão contemplou o registro de pacientes fictícios e a realização da técnica de vibração torácica manual, e demonstração do funcionamento

do *software* Fisiolung para estudantes do curso de fisioterapia do Centro Universitário da Região da Campanha (Urcamp), a fim de coletar um parecer dos mesmos sobre o sistema. Participaram da atividade dez estudantes, com faixa etária de 21 a 39 anos, supervisionados por um professor fisioterapeuta. A atividade foi realizada no Hospital Universitário da cidade de Bagé, onde cada fisioterapeuta realizou uma sessão com cinco repetições da técnica de vibração. A aplicação da técnica foi realizada em um voluntário sentado como ilustra a Figura 41.

Figura 41 – Realização das sessões



Fonte: Autor (2021)

Em relação ao protocolo de utilização do sensor, durante os experimentos, houve um cuidado pontual em função da posição deste equipamento, a fim de obter-se informações de forma mais fidedigna. Desta forma adotou-se por base o trabalho de Corrêa (2012), onde foram analisadas duas posições do sensor acelerômetro para a coleta dos dados de vibração, acima da mão e no dedo polegar. Em ambos os casos o acelerômetro foi fixado na pele utilizando fita esparadrapo. Escolheu-se utilizar o acelerômetro na parte de cima da mão em razão da praticidade, e da sensibilidade do sensor. A Figura 42 ilustra a fixação do sensor, a localização do eixo  $x$  ficou apontada para o dedo polegar, do eixo  $y$  para o dedo indicador, e do eixo  $z$  para fora do plano da mão.

Figura 42 – Posicionamento do acelerômetro na parte superior da mão



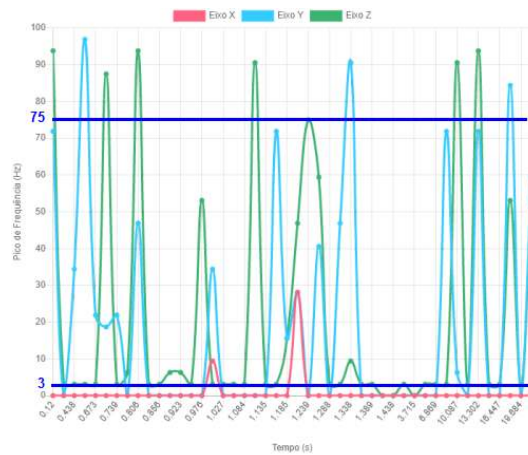
Fonte: Autor (2021)

### 5.2.2 Resultados dos Experimentos

Nesta seção serão apresentados os resultados obtidos do experimento realizado através de gráficos e tabelas, além de uma discussão sobre as informações coletadas e o uso do sistema. A partir desses dados foi possível analisar se o protótipo alcançou números satisfatórios em relação à aplicação da técnica de vibração torácica manual.

Na Figura 43, é ilustrado o gráfico de frequência de vibração, durante a aplicação da técnica de vibrocompressão. As frequências médias alcançadas a partir dos cinco movimentos de execução da técnica de vibração manual foram de 1,25 Hz, 51,27 Hz, e 53,56 Hz nos eixos  $x$  (apontando para o dedo polegar),  $y$  (apontando para o dedo indicador) e  $z$  (apontando para o plano fora da mão) respectivamente. Valores que estão na faixa de frequência estipulada para execução da técnica, isto é, entre 3 e 75 Hz, segundo Sarmiento (2005), exceto o eixo  $x$ . Nos gráficos, as linhas roxas indicam esta faixa de frequência esperada, é possível perceber que o comportamento do gráfico possui altas e baixas devido a aplicação da técnica por parte do fisioterapeuta.

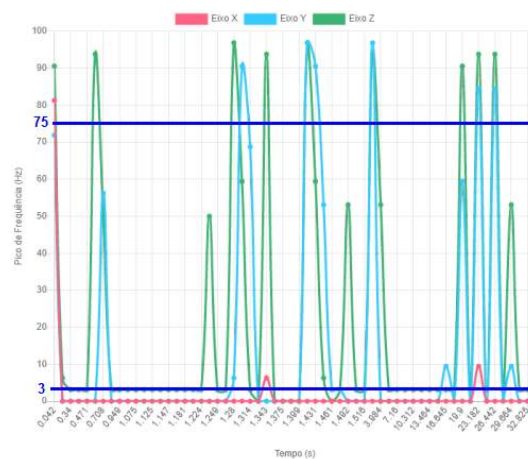
Figura 43 – Gráfico do fisioterapeuta 1



Fonte: Autor (2021)

Já na Figura 44, é apresentado o gráficos de frequência do fisioterapeuta 2. As médias de frequência alcançadas a partir da execução dos cinco movimentos da vibração torácica foram de 1,26 Hz, 72,81 Hz, e 79,38 Hz nos eixos  $x$ ,  $y$  e  $z$  respectivamente, neste caso identificou-se que o eixo  $z$  foi obtido o valor esperado.

Figura 44 – Gráfico do fisioterapeuta 2

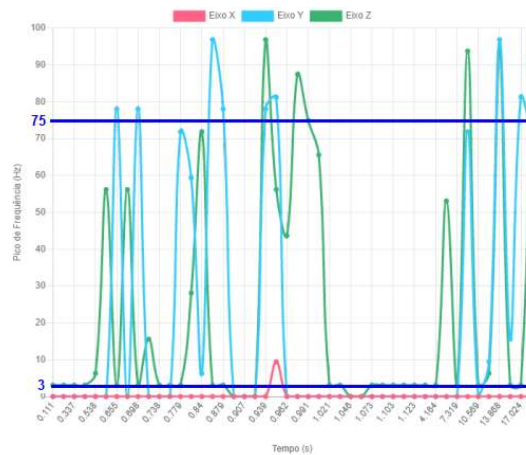


Fonte: Autor (2021)

Na Figura 45, é ilustrado o gráfico de frequência do fisioterapeuta 3. As médias de frequência alcançadas a partir da execução dos cinco movimentos foram de 1,88 Hz, 71,57 Hz, e 68,85 Hz nos eixos  $x$ ,  $y$  e  $z$  respectivamente. Neste gráfico percebeu-se que a frequência de vibração começou baixa no início da execução da técnica, e alcançou os

valores esperados nos eixos y e z ao decorrer da sessão.

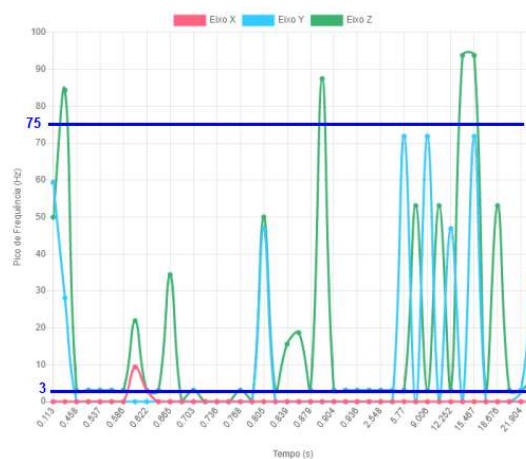
Figura 45 – Gráfico do fisioterapeuta 3



Fonte: Autor (2021)

Na Figura 46, é ilustrado o gráfico de frequência do fisioterapeuta 4. As médias de frequência alcançadas a partir da execução dos cinco movimentos foram de 7,5 Hz, 57,71 Hz, e 72,91 Hz nos eixos x, y e z respectivamente. Neste caso é possível notar que houve uma vibração maior por parte do fisioterapeuta ao final de sessão nos eixos y e z.

Figura 46 – Gráfico do fisioterapeuta 4

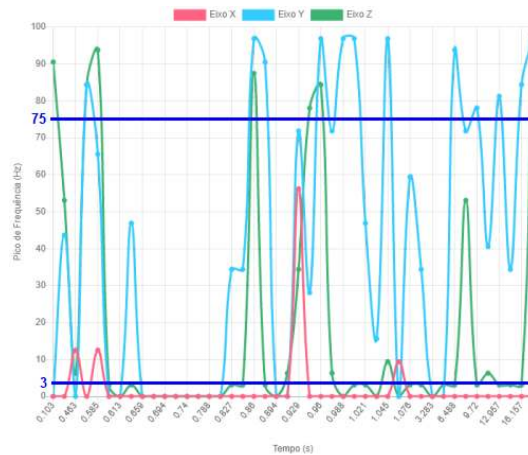


Fonte: Autor (2021)

Já na Figura 47, é apresentado o gráfico de frequência do fisioterapeuta 5. As médias de frequência alcançadas a partir da execução dos cinco movimentos foram de 15,64 Hz, 60,42 Hz, e 77,19 Hz nos eixos x, y e z respectivamente. Percebeu-se que

nesta aplicação da técnica, o fisioterapeuta chegou na na média de 80,63 Hz, maior média registrada entre os voluntários no eixo z.

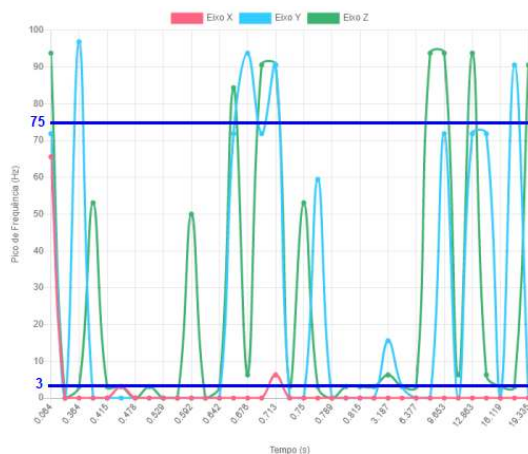
Figura 47 – Gráfico do fisioterapeuta 5



Fonte: Autor (2021)

Na Figura 48, é ilustrado o gráfico de frequência do fisioterapeuta 6. As médias de frequência alcançadas a partir da execução dos cinco movimentos foram de 1,88 Hz, 75,8 Hz, e 73,43 Hz nos eixos x, y e z respectivamente. Pode-se perceber que as vibrações efetuadas foram em três espaços de tempo.

Figura 48 – Gráfico do fisioterapeuta 6

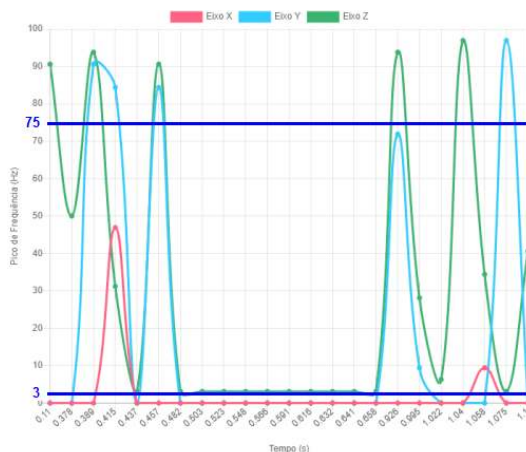


Fonte: Autor (2021)

Na Figura 49, é ilustrado o gráfico de frequência do fisioterapeuta 7. As médias de frequência alcançadas a partir da execução dos cinco movimentos foram de 11,26 Hz,

85,64 Hz, e 64,84 Hz nos eixos  $x$ ,  $y$  e  $z$  respectivamente. Nesta sessão é possível notar que as vibrações por parte do fisioterapeuta na aplicação da técnica obteve o maior valor de média no eixo  $y$ .

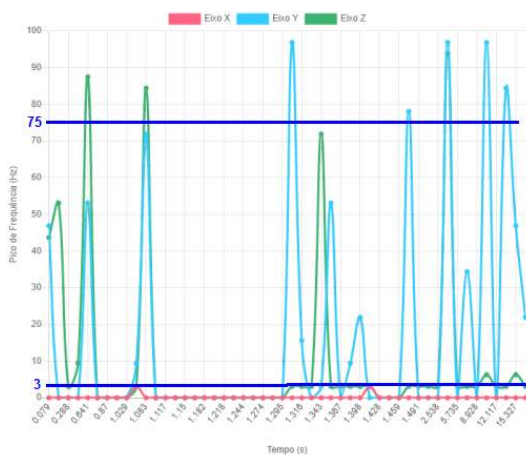
Figura 49 – Gráfico do fisioterapeuta 7



Fonte: Autor (2021)

Já na Figura 50, é apresentado o gráfico de frequência do fisioterapeuta 8. As médias de frequência alcançadas a partir da execução dos cinco movimentos foram de 1,24 Hz, 55,83 Hz, e 69,39 Hz nos eixos  $x$ ,  $y$  e  $z$  respectivamente. Neste caso os resultados alcançados foram compatíveis com os resultados esperados de frequência, nos eixos  $y$  e  $z$ .

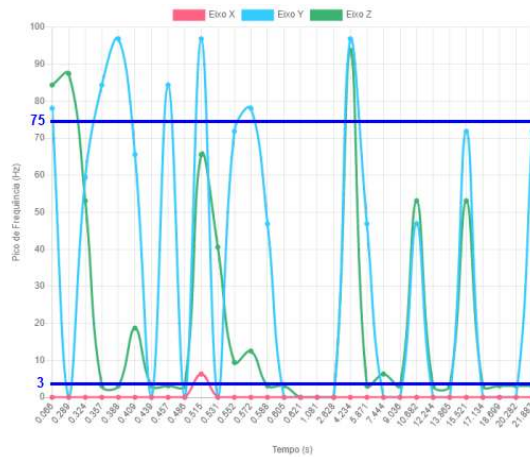
Figura 50 – Gráfico do fisioterapeuta 8



Fonte: Autor (2021)

Na Figura 51, é ilustrado o gráficos de frequência do fisioterapeuta 9. As médias de frequência alcançadas a partir da execução dos cinco movimentos foram de 1,26 Hz, 67,39 Hz, e 53,12 Hz nos eixos *x*, *y* e *z* respectivamente. Nesta sessão é possível notar que a vibração efetuada pelo fisioterapeuta foi maior no início da execução da técnica.

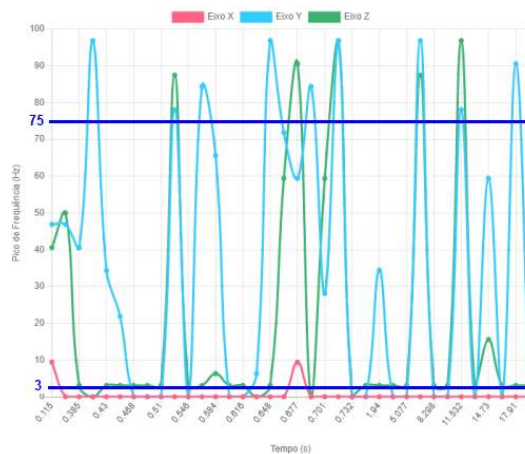
Figura 51 – Gráfico do fisioterapeuta 9



Fonte: Autor (2021)

Na Figura 52, é ilustrado o gráfico do fisioterapeuta 10. As médias de frequência alcançadas a partir da execução dos cinco movimentos foram de 1,88 Hz, 67,71 Hz, e 68,44 Hz nos eixos *x*, *y* e *z* respectivamente. Pode-se perceber que os valores estão de acordo com os valores de referência nos eixos *y* e *z*.

Figura 52 – Gráfico do fisioterapeuta 10



Fonte: Autor (2021)



Os dados coletados durante as sessões são apresentados na Tabela 6, onde é possível verificar as seguintes informações dos voluntários: número, sexo, idade, frequências médias nos três eixos, e o desvio padrão.

Tabela 6 – Tabela dos resultados de frequência média e desvio padrão

Voluntário	Sexo	Idade	Movimento	Freq. Eixo X (Hz)	Freq. Eixo Y (Hz)	Freq. Eixo Z (Hz)	Desvio Padrão Eixo X	Desvio Padrão Eixo Y	Desvio Padrão Eixo Z	Média Freq. Eixo X	Média Freq. Eixo Y	Média Freq. Eixo Z
1	M	26	1	0	43,75	67,2	2,79	14,59	16,54	1,25	51,27	53,56
			2	6,25	46,9	28,15						
			3	0	71,9	50						
			4	0	59,4	53,1						
			5	0	34,4	69,38						
2	M	21	1	0	71,9	90,6	2,81	9,86	7,58	1,26	72,81	79,38
			2	0	56,2	71,9						
			3	6,3	79,7	78,15						
			4	0	80,2	73,45						
			5	9,4	76,06	82,82						
3	M	28	1	0	78,1	56,2	4,20	7,5	17,05	1,88	71,57	68,85
			2	0	62,52	50						
			3	9,4	79,7	70,81						
			4	0	71,9	73,45						
			5	0	65,67	93,8						
4	M	21	1	0	71,9	87,5	12,21	14,91	17,88	7,5	57,71	72,91
			2	9,4	46,9	93,8						
			3	0	38,53	53,1						
			4	28,1	59,36	57,5						
			5	0	71,9	72,65						
5	F	39	1	12,5	60,07	80,47	23,40	9,36	15,89	15,64	60,42	77,19
			2	0	46,9	87,5						
			3	56,3	64,15	71,1						
			4	9,4	58,35	53,1						
			5	0	72,67	93,8						
6	M	22	1	0	84,4	53,1	2,81	10,33	20,68	1,88	75,8	73,43
			2	3,1	82,05	50						
			3	6,3	59,4	79,67						
			4	0	71,9	93,8						
			5	0	81,25	90,6						
7	F	22	1	46,9	90,6	66,4	20,33	9,26	17,81	11,26	85,64	64,84
			2	0	84,4	90,6						
			3	0	84,4	60,95						
			4	0	71,9	65,65						
			5	9,4	96,9	40,60						
8	F	22	1	0	50	48,4	1,69	15,00	20,65	1,24	55,83	69,39
			2	3,1	40,65	48,45						
			3	0	46,87	84,4						
			4	3,1	78,1	71,9						
			5	0	63,56	93,8						
9	F	24	1	0	76,88	56,25	2,81	12,26	9,10	1,26	67,39	53,12
			2	6,3	75,64	65,6						
			3	0	65,63	40,6						
			4	0	46,9	50,05						
			5	0	71,9	53,1						
10	M	23	1	0	47,93	45,3	4,20	11,84	17,20	1,88	67,71	68,44
			2	0	76,03	87,5						
			3	9,4	72,93	75						
			4	0	65,65	78,15						
			5	0	76,03	56,25						

Fonte: Autor (2021)

Os níveis de frequência média obtidos a partir da vibração aplicada pelos voluntários para a desobstrução brônquica estão na faixa de 4,5 Hz no eixo x, 66,61 Hz

no eixo  $y$  e 68,11 Hz no eixo  $z$ . As frequências obtidas, de forma geral, estão de acordo com os valores de referência de Sarmiento (2005), onde a faixa de frequência que causa vibração no nível brônquico está entre 3 e 75 Hz, números que são encontrados nos valores de média dos eixos  $y$  e  $z$ . Com relação ao eixo  $x$ , apresenta valores baixos na maioria das aplicações em razão do movimento, a posição estabelecida para realização das sessões no voluntário sentado captou valores de vibração no eixo  $y$ , indicado para o dedo indicador, e no eixo  $z$ , apontando para fora do plano da mão, enquanto que no eixo  $x$ , indicado para o dedo polegar, os valores são baixos incluindo zeros, fato que também foi relatado no trabalho de Corrêa (2012). Os voluntários 6 e 7 obtiveram médias de frequência no eixo  $y$  acima dos valores de referência, enquanto que no eixo  $z$  os voluntários 2 e 5 ultrapassaram estes valores.

O desvio padrão no eixo  $x$  alcançou valores entre 1,69 e 23,40, no eixo  $y$  os valores apresentados foram entre 7,5 e 15, e no eixo  $z$  os valores ficaram na faixa de 7,58 a 20,68. Os valores altos para o desvio padrão encontrados nos eixos  $x$ ,  $y$  e  $z$ , ocorreram em razão dos dados coletados estarem espalhados por uma ampla gama de valores. Isto aconteceu devido a vibração aplicada pelo voluntário na execução da técnica variar em cada movimento. Assim valores baixos foram coletados durante baixa vibração captada no sensor acelerômetro, e valores altos de frequência foram obtidos durante os momentos de maior vibração na execução da técnica.

Os valores apresentados são resultados do desempenho na aplicação da técnica pelos fisioterapeutas ao decorrer do experimento, a performance no momento da aplicação influenciou nos resultados de cada indivíduo, que obtiveram valores maiores ou menores em razão da vibração realizada. O valor de frequência média menor foi de 51,27 Hz no eixo  $y$  sendo realizado pelo fisioterapeuta 1, enquanto que o fisioterapeuta 7 obteve o maior valor de frequência média neste eixo com valor de 85,64 Hz. Já o menor valor de frequência média no eixo  $z$  foi de 53,12 Hz sendo realizado pelo fisioterapeuta 9, enquanto que o maior valor de frequência média foi de 79,38 Hz aplicado pelo fisioterapeuta 5.

De forma geral, os testes realizados através do protótipo mostraram-se satisfatórios. É preciso levar em consideração que a solução proposta é de baixo custo, utilizando sensor de sensibilidade baixa. Com base nas observações realizadas, e dentro das limitações, o protótipo atendeu aos objetivos propostos, sendo capaz de mostrar as variações de cada fisioterapeuta na aplicação da técnica, assim auxiliando a homogenizar a execução do movimento na faixa de frequência ideal para a efetividade da técnica.

### 5.2.3 Avaliação do Sistema Fisiolung pelos Fisioterapeutas

Com o intuito de avaliar a usabilidade, a importância, e a relevância do sistema Fisiolung, disponibilizou-se aos participantes do experimento um instrumento de pesquisa, na forma de questionário. A fim de coletar um *feedback* em relação a utilização do sistema, e elucidar se o mesmo pode ser utilizado em sessões de fisioterapia respiratória.

Para a implementação do referido instrumento, utilizou-se como parâmetro a proposta de Arrieira (2017), que possui como base os conceitos de Afonso et al. (2009) e algumas ideias do modelo Keller (1983). Segundo Afonso et al. (2009), a avaliação da usabilidade de um sistema tem como principais objetivos avaliar a funcionalidade do sistema e a satisfação do utilizador relativamente ao uso da interface. O modelo de Keller (1983) apresenta ideias voltadas para a avaliação de um paciente ou profissional da área da saúde a determinado sistema ou rotina.

Desta forma, o questionário respondido pelos fisioterapeutas continha oito questões objetivas, sendo sete questões com respostas quantitativas, baseadas em uma escala Likert de 5 pontos, e uma com resposta binária. Nas questões com escala Likert, definiu-se pontuações de 1 a 5 referentes aos seguintes valores: “discordo totalmente”, “discorda”, “sem opinião”, “concorda”, e “concorda totalmente”. Na questão com resposta binária as opções de resposta foram “sim” e “não”. Na Tabela 7 são apresentadas as questões incluídas no questionário.

Tabela 7 – Questões do questionário

Número	Questão
01	O sistema possui uma interface de utilização intuitiva, agradável e de fácil uso.
02	As informações coletadas pelo sistema são realmente relevantes para a recuperação de pacientes acometidos por problemas pulmonares.
03	As informações no sistema são apresentadas de maneira satisfatória, através de textos, tabelas e gráficos.
04	O sistema exibe um desempenho confiável, sem apresentar lentidão ou mau funcionamento.
05	O sistema fornece ferramentas necessárias para o acompanhamento do tratamento dos pacientes.
06	O funcionamento do sistema, em geral, é eficiente e eficaz.
07	Avaliando todo contexto, você gostou de utilizar o sistema.
08	Você utilizaria essa ferramenta como instrumento de trabalho?

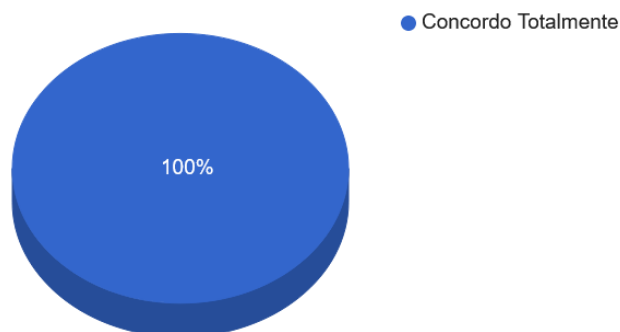
Fonte: Autor (2021)

A primeira questão, tem como objetivo avaliar a reação dos fisioterapeutas em relação a interface do sistema, avaliando quanto a utilização intuitiva, agradável e de

fácil uso. Nesta questão, 100% dos fisioterapeutas responderam o valor 5, ou seja, concordam totalmente com a afirmação da questão como ilustra a Figura 53. Resultado que demonstra o acerto na escolha da interface do sistema, atendendo requisitos mínimos de *User Experience* (UX).

Figura 53 – Questão 1 do questionário

**O sistema possui uma interface de utilização intuitiva, agradável e de fácil uso.**

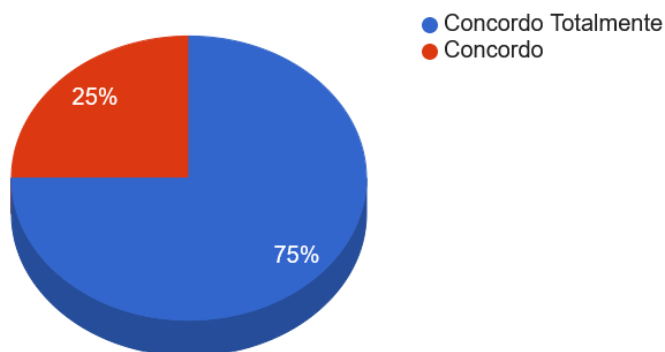


Fonte: Autor (2021)

A questão 02 (Figura 54) teve por objetivo avaliar a relevância das informações coletadas pelo sistema, isto é, se são importantes para a recuperação de pacientes acometidas por problemas pulmonares. Nesta questão 75% dos voluntários responderam que concordam totalmente com a afirmação, e 25% responderam concordam com a questão. Assim podemos concluir que a ferramenta fornece dados importantes, auxiliando na recuperação dos pacientes.

Figura 54 – Questão 2 do questionário

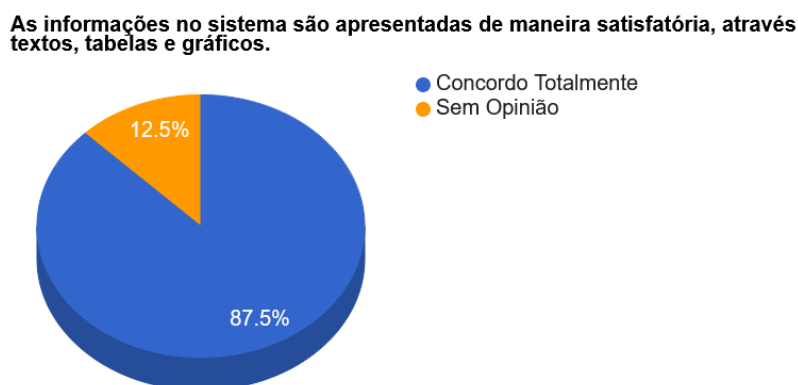
**As informações coletadas pelo sistema são realmente relevantes para a recuperação de pacientes acometidos por problemas pulmonares.**



Fonte: Autor (2021)

A questão 03 (Figura 55), teve o intuito de avaliar, a partir da opinião dos voluntários, se as informações das sessões são apresentadas de maneira satisfatória, através de textos, tabelas e gráficos. Nesta questão, 87,5% dos fisioterapeutas responderam que concordam totalmente com a afirmação, e 12,5% responderam que não possuem opinião a respeito desse assunto. Assim podemos estabelecer que o sistema possui uma interface interessante aos usuários, facilitando a identificação dos dados através de gráficos e tabelas. Denota-se também que um percentual de fisioterapeutas não opinou em virtude do experimento ter ocorrido em uma única sessão, desta forma acredita-se que em trabalhos futuros, com uma maior interação dos usuários com solução, a coleta de dados se torne mais precisa.

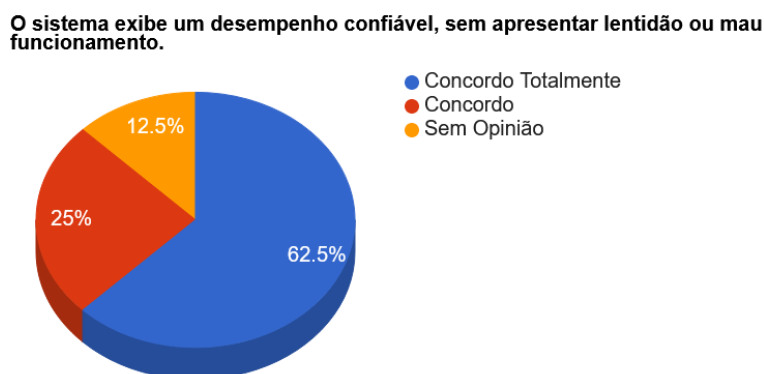
Figura 55 – Questão 3 do questionário



Fonte: Autor (2021)

Na quarta questão (Figura 56), o objetivo foi avaliar o desempenho do sistema quanto a confiabilidade, como é apresentado na Figura 56. Nesta questão, 62,5% responderam que concordam totalmente com a confiabilidade do sistema, 25% concordam com a questão, e 12,5% informaram não possuir opinião. Ao final da sessão de experimento o conjunto de fisioterapeutas demonstrou especial interesse em visualizar o nível de frequência da execução da técnica. Sabe-se que o resultado desta observação pode servir de base para o aperfeiçoamento destes profissionais. Com base nesta questão pode-se perceber a confiabilidade dos voluntários no sistema, com relação aos dados coletados do sensor.

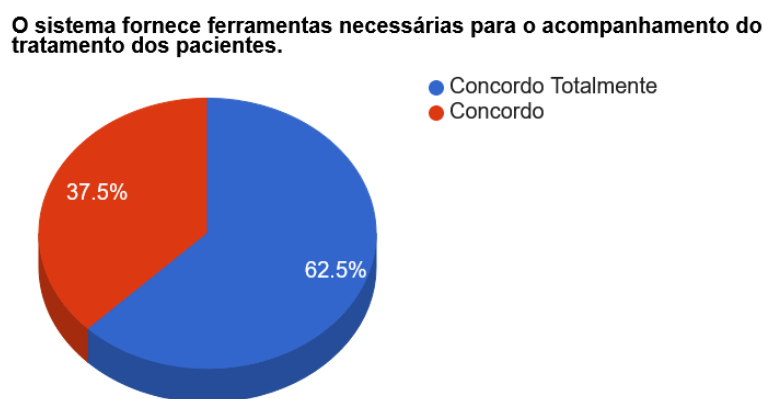
Figura 56 – Questão 4 do questionário



Fonte: Autor (2021)

A questão 05 (Figura 57), teve como intuito coletar a opinião dos fisioterapeutas sobre o sistema fornecer ferramentas necessárias para o acompanhamento do tratamento dos pacientes. Nesta questão, 62,5% concordam totalmente que o sistema fornece as ferramentas necessárias, e 37,5% concordam com esta afirmação. Essa questão foi feita em relação às funções do sistema, assim mostrando que possui ferramental necessário para o acompanhamento do tratamento dos pacientes.

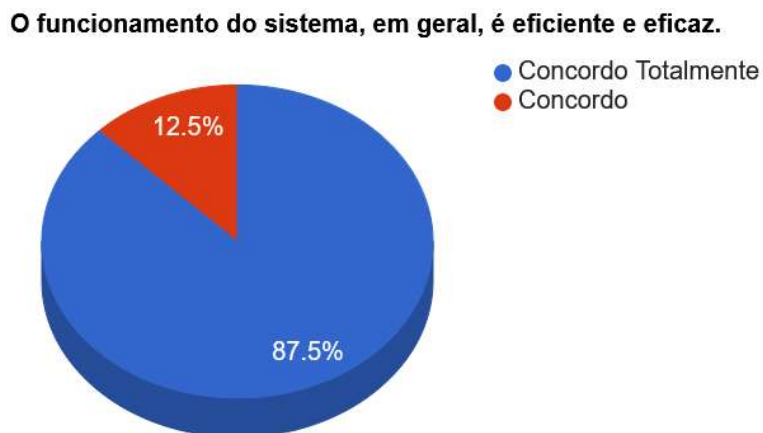
Figura 57 – Questão 5 do questionário



Fonte: Autor (2021)

A questão 06 (Figura 58), teve como objetivo avaliar se o funcionamento do sistema é eficiente e eficaz. Nesta questão 87,5% dos voluntários responderam que concordam totalmente com essa afirmação, enquanto que 12,5% concordaram. Assim podemos concluir que o sistema é eficiente e eficaz, em relação ao acompanhamento de pacientes acometidos por doenças pulmonares.

Figura 58 – Questão 6 do questionário



Fonte: Autor (2021)

A questão 07 (Figura 59), teve como propósito coletar o *feedback* dos fisioterapeutas, perguntando se o voluntário gostou de utilizar o sistema. Nesta questão 100% dos fisioterapeutas avaliaram com valor máximo, ou seja, cinco. Assim, conseguimos avaliar que os requisitos previamente solicitados foram atendidos no desenvolvimento da solução.

Figura 59 – Questão 7 do questionário



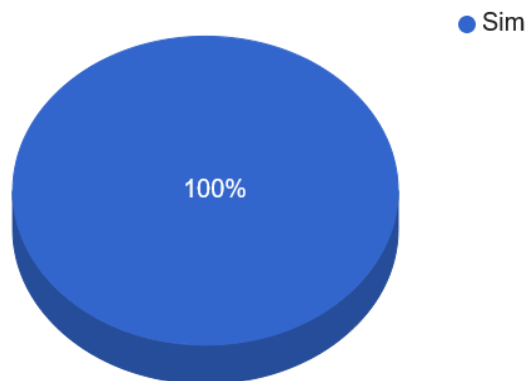
Fonte: Autor (2021)

Na questão de número 8, Figura 60, 100% dos fisioterapeutas responderam que utilizariam essa ferramenta como instrumento de trabalho. O que demonstra a eficiência, e cuidado na construção do sistema, que facilita a organização e registro dos pacientes pelos fisioterapeutas. Além de ser um instrumento, que através da sua saída, permite

ao fisioterapeuta aperfeiçoar a sua técnica de vibrocompressão, o que poderá ampliar a qualidade do tratamento dos pacientes.

Figura 60 – Questão 8 do questionário

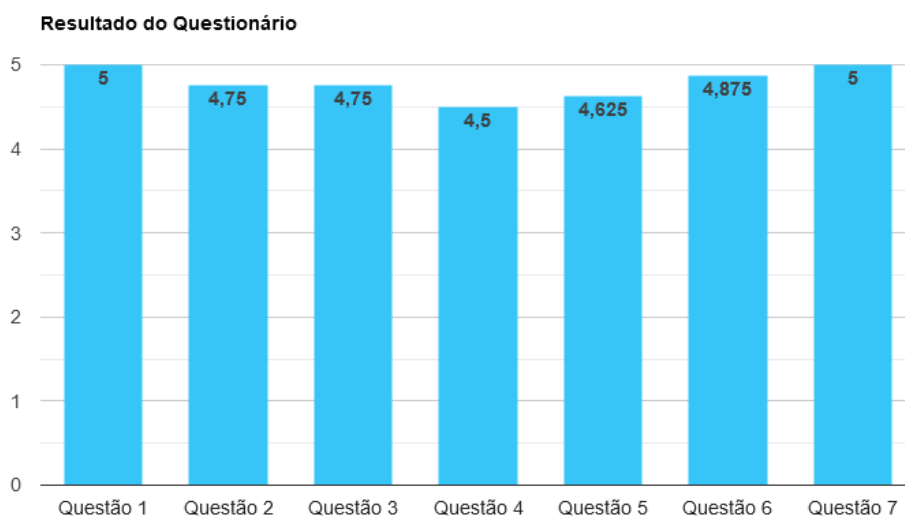
**Você utilizaria essa ferramenta como instrumento de trabalho?**



Fonte: Autor (2021)

Com as respostas obtidas, a Figura 61 apresenta um gráfico de barras com as médias dos valores finais de resposta referente às questões de 1 a 7. Assim, é obtida uma pontuação geral para cada pergunta do formato de escala Likert, que varia de 1 a 5. Os valores obtidos ficaram todos muito próximos ao 5, como o esperado, ou seja, próximos ao grau mais alto possível nas questões.

Figura 61 – Resultado médio do questionário para as questões de 1 a 7



Fonte: Autor (2021)



Avaliando os resultados obtidos pode-se perceber que para os fisioterapeutas o sistema construído pode ser utilizado para auxiliar no tratamento de pacientes acometidos por problemas pulmonares. Com as pontuações altas, é possível demonstrar que a solução foi realizada atendendo os requisitos propostos, e que o desenvolvimento foi efetuado de maneira eficiente.

### 5.3 Resumo da Pesquisa

Este estudo teve como foco a identificação e proposta de uma solução para auxiliar os fisioterapeutas no acompanhamento de sessões dos pacientes, obtendo como foco a integração de *hardware* e *software*. Assim, foi definido o problema de pesquisa referente à implementação de uma solução que auxilie os profissionais de fisioterapia no processo de reabilitação respiratória dos pacientes acometidos por doenças pulmonares.

Em conjunto com os profissionais de fisioterapia, foi definida a necessidade de criação de um protótipo para mensurar a execução da técnica de vibração torácica manual. Desta forma, realizou-se um estudo sobre dispositivos viáveis para a implementação de uma ferramenta para registro e acompanhamento de sessões de fisioterapia, além da coleta de dados referentes a aplicação da técnica de vibração torácica em pacientes. Assim foi discutida a importância da criação de um *software* que possuísse todos os registros de sessão, e que pudesse gerar relatórios e análises da evolução do paciente ao decorrer do tratamento.

Para a implementação do sistema buscou-se um referencial teórico em relação aos temas de informática médica, reabilitação respiratória, sistemas de informação, microcontroladores, entre outros. O referencial bibliográfico foi levantado a partir de artigos e trabalhos científicos, utilizando *strings* específicas sobre os temas abordados na pesquisa. A partir desse referencial, e alinhado a uma metodologia de pesquisa classificada quanto à natureza em uma pesquisa aplicada, quanto aos objetivos em uma pesquisa exploratória, e quanto aos procedimentos em um estudo de caso, tornou-se possível a realização da pesquisa e a implementação da arquitetura do sistema.

A partir da arquitetura, foi possível por meio de entrevistas com os fisioterapeutas integrantes do GIMM definir os requisitos da aplicação. Assim tornou-se possível obter as informações necessárias para o desenvolvimento da solução, como os dados dos pacientes e as funções essenciais ao sistema. Com os requisitos levantados foi criada a modelagem do sistema e definidas as tecnologias utilizadas para o desenvolvimento da solução.

A implementação do sistema foi realizada através da utilização de um sensor acelerômetro integrado a um Arduino Uno. Estes dados são calculados através da FFT, obtendo assim os valores de frequência, que são enviados ao *back-end* do sistema através de comunicação serial. No *back-end* do sistema, utilizando Node.js, é utilizado um banco de dados PostgreSQL para armazenar as informações de cadastro de usuários e registro de sessões. As informações são exibidas pelo *front-end* do sistema através de HTML e CSS, em conjunto com o *framework* Bootstrap.

Para testes e validação da ferramenta Fisiolung, realizou-se um experimento com estudantes do curso de fisioterapia para a aplicação da técnica de vibrocompressão torácica utilizando o protótipo desenvolvido. Com este experimento observou-se que a ferramenta alcançou resultados esperados em relação aos níveis de frequência obtidos durante a aplicação da técnica de vibrocompressão, por todos os fisioterapeutas participantes do experimento. A partir de questionário aplicado, foi possível coletar e analisar o *feedback* do sistema Fisiolung sob a ótica dos fisioterapeutas, que atendeu aos resultados esperados.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base na pesquisa proposta podemos concluir que o sistema desenvolvido atendeu aos resultados esperados. O estudo sobre o estado da arte em relação à reabilitação respiratória e das sessões de fisioterapia foram realizados, e utilizados para construir o sistema. Assim também foram definidas as tecnologias de implementação do sistema de acordo com as necessidades abordadas.

Inicialmente foi definido o problema de pesquisa, assim como os objetivos do trabalho. Em conjunto com os fisioterapeutas realizou-se de maneira eficaz, através de reuniões, a definição dos requisitos do sistema. Assim os requisitos foram utilizados para a modelagem do sistema, e conseqüentemente para a implementação das funcionalidades do protótipo. A implementação deu-se através da concepção do *back-end* e *front-end* seguindo os requisitos e as boas práticas de programação, com o intuito de criar uma aplicação coesa e segura.

A análise da vibração torácica permitiu aos fisioterapeutas executarem a técnica buscando a melhor performance possível. Com o desenvolvimento do sistema Fisiolung, pacientes acometidos por doenças pulmonares se beneficiarão desses recursos ao longo do tratamento, e conseqüentemente poderão se recuperar mais rapidamente.

O desenvolvimento do sistema contemplou a análise da técnica de vibração torácica, armazenando os dados da sessão e gerando análises relacionadas à execução, o cadastro de pacientes e de fisioterapeuta. Foi desenvolvida a análise geral das sessões do paciente, que proporciona o acompanhamento detalhado do estado do paciente ao decorrer do tratamento, além da geração de relatórios para a exibição dos dados coletados.

A interface do sistema foi desenvolvida para facilitar a navegação entre páginas de maneira intuitiva. A exibição dos dados de análise foi organizada graficamente para facilitar a visualização por parte do fisioterapeuta, com utilização de diferentes cores e fontes. Com essas funcionalidades foi possível realizar os testes funcionais do sistema, e testes de análise estática que demonstraram-se satisfatórios.

Foi apresentado um modelo de classificação dos pacientes, de acordo com seu quadro clínico, que visa avaliar o grau de comprometimento pulmonar. Este modelo foi concebido a partir de estudo, em conjunto dos fisioterapeutas, de escalas e métodos avaliativos já utilizados na fisioterapia.

Deste modo foi possível implementar uma solução utilizando a integração de *software* e *hardware*. Assim tornando o processo de reabilitação respiratória mais

apropriado, auxiliando os profissionais de fisioterapia na avaliação e análise dos resultados obtidos durante o tratamento.

Foram realizados testes com dez estudantes do curso de fisioterapia para validar a solução implementada. Os testes foram realizados para avaliar o protótipo na execução da técnica de vibração manual, e os resultados mostraram-se satisfatórios, como o esperado. Para avaliar a usabilidade e viabilidade do sistema foi aplicado um questionário para obter o *feedback* dos fisioterapeutas, onde as questões obtiveram médias próximas ao valor máximo (cinco).

Os resultados obtidos foram apresentados e discutidos, com relação à aplicação da técnica de vibração torácica manual foram alcançados os resultados esperados. Assim sendo possível analisar os valores de frequência da execução por parte do fisioterapeuta, e verificar se estão de acordo com os valores apresentados na literatura. Já o sistema como um todo obteve uma aprovação próxima ao máximo na avaliação dos fisioterapeutas que testaram o sistema, podendo assim ser utilizado nas sessões dos pacientes acometidos por doenças pulmonares.

## REFERÊNCIAS

- AFONSO, A. P. et al. A avaliação da usabilidade de um sistema médico inteligente: Bcct.core. **5ª Conferência Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação**, Póvoa do Varzim, v. 1, 2009.
- AGUIAR, B.; CORREIA, W.; CAMPOS, F. Uso da escala likert na análise de jogos. **X SBGames**, 2011.
- ARAUJO, K. A. M. **Informática e Saúde**. Dissertação (Graduação) — Centro Universitário do Triângulo, Uberlândia, 2000.
- ARAUJO, M. S.; ARAUJO, J. S. Dpoc e depressão. **Pulmão RJ**, v. 22(2), p. 35–39, 2013.
- ARAUJO, W. M.; CAVALCANTE, M. M.; SILVA, R. O. Visão geral sobre microcontroladores e prototipagem com arduino. **Revista Tecnologias em Projeção**, v. 10, p. 36–36, 2019.
- ARRIEIRA, M. **Victus: Proposta de uma solução computacional aplicada na reabilitação física de indivíduos amputados de membros inferiores**. Dissertação (Graduação) — Universidade Federal do Pampa, 2017.
- AZEREDO, C. A. C. **Fisioterapia Respiratória**. 1. ed. Rio de Janeiro: Panamed, 1984.
- BARBOSA, G. R.; ALMEIDA, A. T. **Sistemas de Apoio a Decisão sob o Enfoque de Profissionais de TI e de Decisores**. Curitiba, 2002.
- BATISTA, E. **Sistemas de Informação: o uso consciente da tecnologia para o gerenciamento**. 1. ed. São Paulo: Saraiva, 2006.
- BEMMEL, J.; MUSEN, M. **A Handbook of Medical Informatics**. 1. ed. New York: Springer-Verlag, 1997.
- BERTOLETTI, M. **Avaliação da Manobra Fisioterapêutica de Vibração Torácica**. Dissertação (Mestrado) — Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2007.
- BISPO, J. P. Fisioterapia e saúde coletiva: desafios e novas responsabilidades profissionais. **Ciênc. saúde coletiva**, v. 15, p. 1627–1636, 2010.
- BORGES, G. A. et al. **Desenvolvimento com microcontroladores Atmel AVR**. Brasília, 2008.
- BROADBENT, H. **Microcontrolador Arduino Uno**. [S.l.], 2019. Disponível em: [https://unsplash.com/photos/fZB51omnY\\_Y](https://unsplash.com/photos/fZB51omnY_Y). Acesso em 14 de Mar. de 2021.
- BROADBENT, H. **Microprocessador ATmega328P da ATmel**. [S.l.], 2019. Disponível em: <https://unsplash.com/photos/19YCOjHosDk>. Acesso em 14 de Mar. de 2021.
- CHEN, P. Thementity-relationship model-toward a unified view of data. **ACM Transactions on Database Systems**, v. 1, p. 9–36, 1976.

- CORRÊA, D. T. **Estudo Comparativo Entre Acadêmicos e Profissionais de Fisioterapia Sobre a Técnica de Vibração Torácica**. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012.
- COSTA, D. **Fisioterapia Respiratória Básica**. 1. ed. Rio de Janeiro: Atheneu, 1999.
- ELKINS, M. R.; JONES, A.; SCHANS, C. V. der. Positive expiratory pressure physiotherapy for airways clearance in people with cystic fibrosis. In: **The Cochrane Library**. Chichester: Wiley, 2004.
- GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.
- GUEDES, G. T. A. **UML 2: Uma abordagem prática**. 2. ed. São Paulo: Novatec, 2011.
- IRWIN, S.; TECKLIN, J. S. **Fisioterapia Cardiopulmonar**. 3. ed. São Paulo: Manole, 2003.
- JEPSEN, T. It in healthcare: Progress report. **IT Professional, IEEE Computer Society**, p. 8–14, 2003.
- KELLER, J. M. Motivational design of instruction. **Instructional design theories and models: An overview of their current status**, v. 1, p. 383–434, 1983.
- LAKATOS, M. E.; MARCONI, A. M. **Fundamentos de metodologia científica**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2007.
- LAUDON, C. K.; LAUDON, P. J. **Sistemas de informação gerenciais: administrando a empresa digital**. 5. ed. São Paulo: Pearson, 2006.
- LEANDRO, G. S.; MORO, C. M. C. Métodos para avaliação de sistemas de apoio à decisão. **XV Congresso Brasileiro de Informática em Saúde**, p. 277–286, 2016.
- LIEBANO, R. E. et al. Principais manobras cinesioterapêuticas manuais utilizadas na fisioterapia respiratória: descrição das técnicas. **Rev. Ciênc. Méd.**, v. 18, p. 35–45, 2009.
- LOPEZ, J. A.; MORANT, P. Fisioterapia respiratoria: indicaciones y técnica. **Anales de Pediatría Continuada**, v. 2(5), p. 303–309, 2004.
- MAIA, R. M. C. S.; ALVARENGA, L. Teoria da classificação facetada e contribuições para o modelo entidade relacionamento. **Prisma**, v. 25, p. 91–125, 2014.
- MALDONADO, J. C. et al. **Introdução ao Teste de Software**. São Carlos, 2004.
- MARIN, H. F. Sistemas de informação em saúde: considerações gerais. **Journal of Health Informatics**, v. 2(1), p. 20–24, 2010.
- MARTINS, N. A. **Sistemas Microcontrolados**. 1. ed. São Paulo: Novatec, 2005.
- MAURER, J. et al. Anxiety and depression in copd: current understanding, unanswered questions, and research needs. **Chest**, v. 134(4), p. 43S–56S, 2008.
- MUSEN, M. A.; MIDDLETON, B.; GREENES, R. A. Clinical decision-support systems. In: SHORTLIFFE, E. H.; CIMINO, J. (Ed.). **Biomedical Informatics: Computer Applications in Health Care and Biomedicine**. New York: Springer, 2014. p. 643–674.

- NUNES, M. **Reabilitação Pulmonar**. São Paulo, 2018. Disponível em: <http://fisioterapiahomecare.com.br/areas-de-atendimento/reabilitacao-pulmonar/>. Acesso em 04 de Mar. de 2021.
- OLIVEIRA, C. L. et al. Treinamento dos músculos respiratórios associado a exercícios de condicionamento geral em pacientes com doença pulmonar obstrutiva crônica. **Revista Brasileira de Fisioterapia**, v. 3, p. 61–67, 1999.
- OSHEROFF, J. et al. **Clinical decision support implementers' workbook**. 1. ed. Chicago: HIMSS, 2004.
- O'BRIEN, A. J. **Sistemas de informação e as decisões gerenciais na Era da Internet**. 9. ed. São Paulo: Saraiva, 2001.
- PAGÉS s. **A importância do mock-up nos projetos de TI**. [S.l.], 2015. Disponível em: <https://blog.workana.com/pt/sin-categorizar/a-importancia-do-mock-up-nos-projetos-de-ti/>. Acesso em 26 de Mar. de 2021.
- PAVIA, D. The role of chest physiotherapy in mucus hypersecretion. **Lung**, p. 614–621, 1990.
- PESSOA, J. C. S. **Desenvolvimento de um Protótipo Para Apoio à Decisão do Fisioterapeuta no Cuidado ao Idoso**. Tese (Doutorado) — Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa-PB, Brasil, 2018.
- PONTES, M. B. Introdução a testes de software. **Engenharia de Software Magazine**, v. 11, p. 50–54, 2009.
- POP: Técnicas de Fisioterapia Respiratória em Pacientes Adultos. 1. ed. Uberaba: Unidade de Reabilitação do Hospital de Clínicas da Universidade Federal do Triângulo Mineiro/EBSERH, 2015.
- PRESSMAN, R. S. **Software Engineering: A Practitioner's Approach**. 6. ed. New York: McGraw-Hill, 2005.
- PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. **Metodologia do Trabalho Científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico**. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.
- REBESCHINI, S. M. **Sistema de segurança por câmeras e sensores controlados por dispositivo remoto**. Dissertação (Graduação) — Fundação Educacional do Município de Assis, São Paulo, 2012.
- REEVES, D. **16 Mucus Clearing Techniques That Alleviate Shortness of Breath**. Denver, 2018. Disponível em: <https://blog.lptmedical.com/16-mucus-clearing-techniques-that-alleviate-shortness-of-breath>. Acesso em: 04 de Mar. de 2021.
- ROY, B. **Multicriteria methodology for decision aiding**. 1. ed. New York: Springer, 1996.
- SAAVEDRA, G. C. R. **Uma Análise Eletromiográfica e de Acelerometria na Manobra Fisioterápica de Vibração Torácica Manual**. Dissertação (Mestrado) — UNESP, Guaratinguetá, 2013.

SAFRAN, C.; PERREAULT, L. E. Management of information in integrated delivery networks. In: SHORTLIFFE, H. E. et al. (Ed.). **Medical Informatics: Computer Applications in Health Care and Biomedicine**. New York: Springer, 2001. p. 359–455.

SARMENTO, G. J. V. **Fisioterapia Respiratória no Paciente Crítico Rotinas Clínicas**. 1. ed. São Paulo: Manole, 2005.

SCANLAN, C. I.; WILKINS, R. I.; STOLLER, J. K. **Fundamentos da Terapia Respiratória de Egan**. 2. ed. São Paulo: Manole, 2000.

SCHMIDT, A. L. **FFT: Transformada Rápida de Fourier**. Bahía Blanca, Argentina, 2013.

SCIARRA, A. M. P.; RONDINA, J. M. Informática em saúde e a interoperabilidade nos sistemas hospitalares. **Arquivos de Ciências da Saúde**, v. 25(2), p. 02–02, 2018.

SHORTLIFFE, E. H.; BLOIS, M. The computer meets medicine and biology: Emergence of a discipline. In: SHORTLIFFE, E. H.; CIMINO, J. (Ed.). **Biomedical Informatics: Computer Applications in Health Care and Biomedicine**. New York: Springer, 2006. p. 3–45.

SIGULEM, D. et al. Sistema de apoio à decisão em medicina. In: PRADO, F. C.; RAMOS, J.; VALLE, J. R. (Ed.). **Atualização Terapêutica - Manual Prático de Diagnóstico e Tratamento**. São Paulo: Artes Medicas, 1998.

SILVA, B. R. et al. Sistemas de apoio a decisão médica (sadm). **RESIGeT**, v. 3, 2013.

SMIDT, M. S. **Desenvolvimento de um equipamento para desobstrução brônquica**. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010.

SOMMERVILLE, I. **Engenharia de Software**. 8. ed. São Paulo: Pearson, 2007.

TELES, G. **Teste de aplicações – SAST e DAST**. [S.l.], 2018. Disponível em: <https://guilhermeteles.com.br/metodos-sast-dast-de-aplicacoes/>. Acesso em 02 de Ago. de 2021.

VASCONCELOS, J. B.; ROCHA, A.; GOMES, R. **Sistemas de Informação de Apoio à Decisão Clínica Estudo de um caso de uma Instituição de Saúde**. Lisboa, 2004.

VETTORAZI, S. F. **Implantação e Resultados de um Programa de Reabilitação Pulmonar em uma Instituição de Ensino Superior**. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

VIVADIFFERENCES. **5 Major Difference Between Von Neumann And Harvard Architecture**. [S.l.], 2019. Disponível em: <https://vivadifferences.com/5-major-difference-between-von-neumann-and-harvard-architecture>. Acesso em: 02 de Mar. de 2021.

WECHSLER, R. et al. A informática no consultório médico. **Jornal de Pediatria**, v. 79, 2003.



## APÊNDICE A – PROTOTIPAÇÃO DE TELAS

---

# Projeto FisiLung

## Prototipação de Telas

---

Versão 1.0

---

Neste documento estarão as demais telas prototipadas com o software *Balsamiq Wireframes* para elucidar os requisitos e objetivos do sistema.

Figura 1 - Tela de iniciar sessão

Browser: Iniciar Sessão | https://localhost/sessao

Menu:

- Cadastrar Fisioterapeuta
- Cadastrar Paciente
- Registrar Sessão
- Analisar Sessão
- Gerar Relatórios

Form:

**Iniciar Sessão**

Paciente: Fulano da Silva

Fisioterapeuta: Fulano da Silva

Avançar

Fonte: Autor (2021)

Figura 2 - Tela de encerramento da sessão

Browser: Sessão - Dados Finais | https://localhost/sessao

Menu:

- Cadastrar Fisioterapeuta
- Cadastrar Paciente
- Registrar Sessão
- Analisar Sessão
- Gerar Relatórios

Form:

**Sinais Vitais Finais:**

Frequência Respiratória:     Frequência Cardíaca:

Saturação do Oxigênio:     Pressão Arterial:

**Ausculta Final:**

Ausculta:  1  2  3  4  5    Tipo: Sibilos

Encerrar Sessão

Fonte: Autor (2021)

Figura 3 - Tela de análise específica de sessão

The screenshot shows a web browser window titled 'Análise' with the URL 'https://localhost/analise'. On the left is a vertical navigation menu with the following items: 'Cadastrar Fisioterapeuta', 'Cadastrar Paciente', 'Registrar Sessão', 'Analisar Sessão', and 'Gerar Relatórios'. The main content area contains three dropdown menus: 'Escolher opção:' with 'Analisar sessão específica' selected, 'Selecionar paciente:' with 'Fulano da Silva' selected, and 'Selecionar sessão:' with 'Sessão 25/10' selected. Below these menus is a button labeled 'Avançar'.

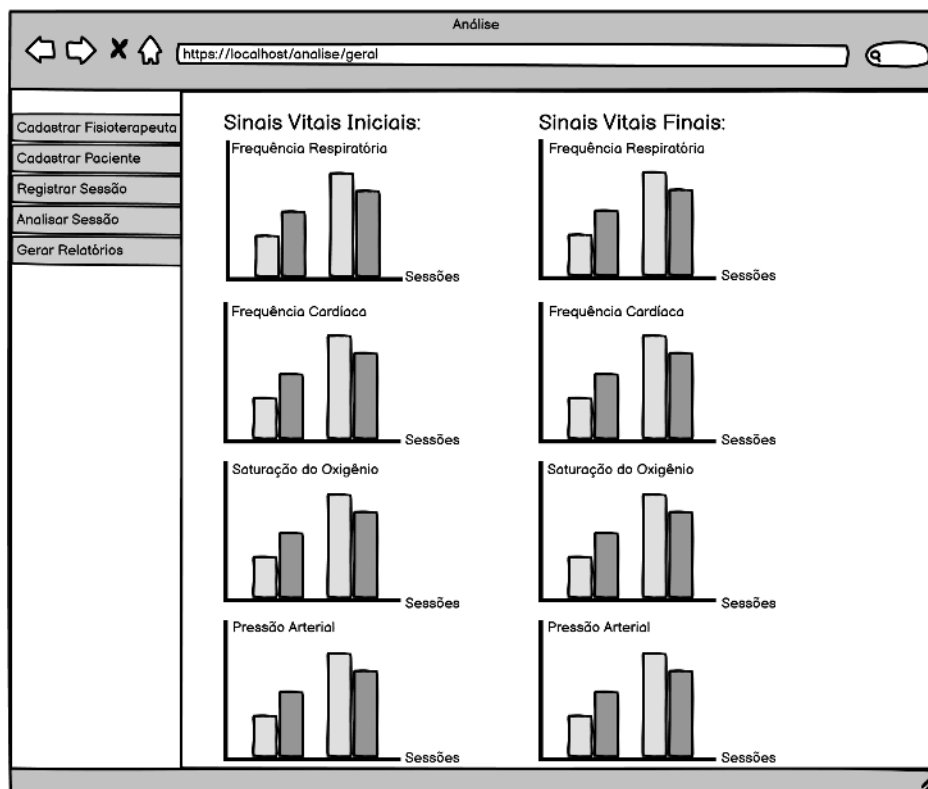
Fonte: Autor (2021)

Figura 4 - Tela de análise de todas sessões do paciente

The screenshot shows the same web browser window as in Figure 3. The navigation menu is identical. In the main content area, the 'Escolher opção:' dropdown menu now has 'Analisar sessões do paciente' selected. The 'Selecionar paciente:' dropdown menu still has 'Fulano da Silva' selected. The 'Avançar' button remains at the bottom right.

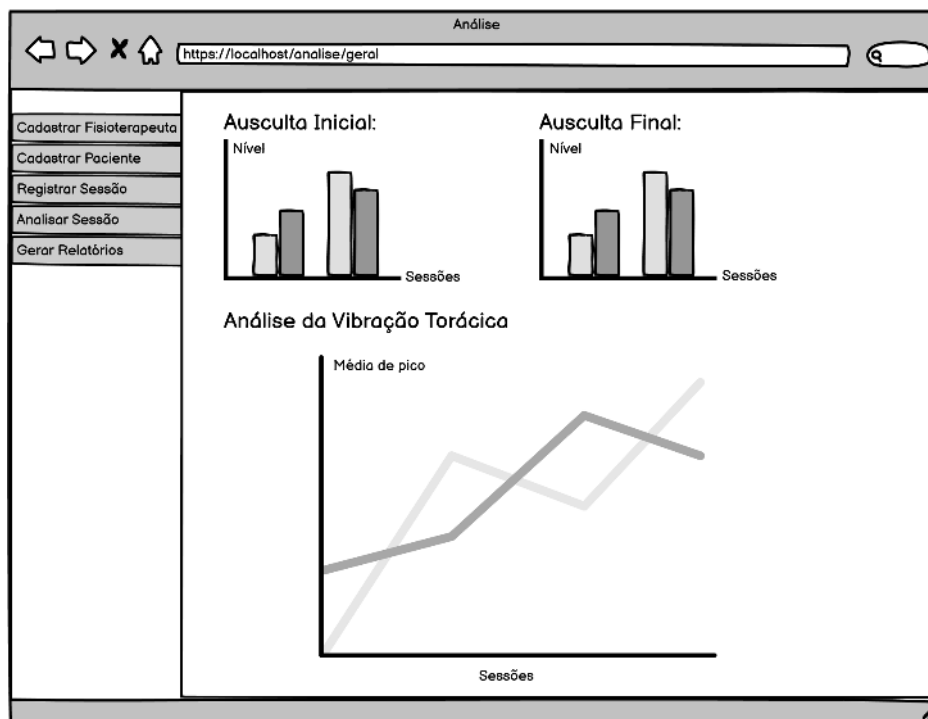
Fonte: Autor (2021)

Figura 5 - Tela 1 de exibição da análise de sessões do paciente



Fonte: Autor (2021)

Figura 6 - Tela 2 de exibição da análise de sessões do paciente



Fonte: Autor (2021)

Figura 7 - Tela de gerar relatórios

The screenshot shows a web browser window with the title "Análise" and the URL "https://localhost/relatorios". The browser's address bar contains the URL and a search icon. On the left side, there is a vertical navigation menu with the following items: "Cadastrar Fisioterapeuta", "Cadastrar Paciente", "Registrar Sessão", "Analisar Sessão", and "Gerar Relatórios". The "Gerar Relatórios" item is highlighted. The main content area contains the following elements: "Escolher opção:" followed by a dropdown menu with the selected value "Analisar sessões do paciente"; "Selecionar paciente:" followed by a dropdown menu with the selected value "Fulano da Silva"; "Opção:" followed by two radio buttons, "HTML" and "PDF", both of which are unselected; and a "Gerar Relatório" button.

Fonte: Autor (2021)

**APÊNDICE B – DOCUMENTO DE PLANO DE TESTES**

---

Projeto Fisiolung  
**Documento de Plano de Testes**

---

Versão 1.1

---

---

## 1 Objetivos

O objetivo deste documento de Plano de Testes é reunir as informações necessárias para planejar e controlar os testes referentes a uma ação específica ou da solução por completo. O documento descreve a abordagem dada nos testes, assim como é o plano gerado para sistematizar a execução dos testes.

## 2 Ferramentas de Sistema

Os testes serão realizados em uma máquina com processador AMD Ryzen 5 1600, com memória RAM de 8GB, e um SSD de 240GB rodando no sistema operacional Ubuntu 20.04 LTS. Para execução dos testes não é necessário estabelecer uma conexão com a Internet.

## 3 Estrutura do Plano de Testes

O planejamento dos testes é elaborado a partir das seguintes definições: (i) o objeto de teste; (ii) a explicação do caso de teste; (iii) o detalhamento do procedimento aplicado no teste; (iv) o resultado esperado ao final do teste. Além disso, os testes estão numerados de acordo com a ordem cronológica com que se planejou a realização de cada um.



## 4 Descrição do Plano de Testes

<b>Nº do Teste:</b>	<b>01</b>
<b>Objeto de Teste:</b>	Operações referentes à leitura dos eixos x, y e z.
<b>Caso de Teste:</b>	<b>Testar o funcionamento do sensor acelerômetro.</b>
<b>Procedimento:</b>	Primeiramente, será iniciada a aplicação que contém o código de leitura dos valores de aceleração. Posteriormente, será aberto o ambiente do monitor serial, para o acompanhamento da leitura do sensor. Em seguida será realizada a vibração do sensor.
<b>Resultado esperado:</b>	É esperado que seja exibido no monitor serial os valores de aceleração para os três eixos.

<b>Nº do Teste:</b>	<b>02</b>
<b>Objeto de Teste:</b>	Avaliar o funcionamento do sensor acelerômetro em conjunto com as funções desenvolvidas no código Arduino.
<b>Caso de Teste:</b>	<b>Testar o funcionamento da aplicação do Arduino.</b>
<b>Procedimento:</b>	Primeiramente, será iniciada a aplicação que contém o código do Arduino. Posteriormente, será aberto o ambiente do monitor serial, para o acompanhamento dos dados enviados. Em seguida será realizada a vibração no sensor.
<b>Resultado esperado:</b>	É esperado que os sensores realizem a coleta dos dados de maneira precisa e que o módulo de controle central execute os cálculos necessários, e apresente as informações corretas no monitor serial.

<b>Nº do Teste:</b>	<b>03</b>
<b>Objeto de Teste:</b>	Avaliar o funcionamento da comunicação via porta serial entre o módulo de coleta de dados e o software.
<b>Caso de Teste:</b>	<b>Testar o funcionamento da comunicação serial.</b>
<b>Procedimento:</b>	Primeiramente, será iniciada a aplicação que contém o código do Arduino que executa a leitura do sensor acelerômetro. Posteriormente, será executado o software que realiza a leitura da porta serial e apresenta esses dados em uma interface gráfica. Para tal, o sensor será colocado na posição correta, e os devidos procedimentos de acionamento serão executados.
<b>Resultado esperado:</b>	É esperado que o software realize a leitura da porta serial de maneira precisa, que envie os dados para o front-end da aplicação, e apresente as informações corretas na interface gráfica.

<b>Nº do Teste:</b>	<b>04</b>
<b>Objeto de Teste:</b>	Operações referentes ao cadastro de fisioterapeutas.
<b>Caso de Teste:</b>	<b>Testar o funcionamento do cadastro de fisioterapeutas.</b>
<b>Procedimento:</b>	Primeiramente, será realizado o cadastro de um fisioterapeuta através do software. Posteriormente, será buscado pelo cadastro no banco de dados.
<b>Resultado esperado:</b>	É esperado que o software seja capaz de armazenar o novo cadastro no banco de dados.

<b>Nº do Teste:</b>	<b>05</b>
<b>Objeto de Teste:</b>	Operações referentes ao cadastro de pacientes.
<b>Caso de Teste:</b>	<b>Testar o funcionamento do cadastro de pacientes.</b>
<b>Procedimento:</b>	Primeiramente, será realizado o cadastro de um paciente através do software. Posteriormente, será buscado pelo cadastro no banco de dados.
<b>Resultado esperado:</b>	É esperado que o software seja capaz de armazenar o novo cadastro no banco de dados.

<b>Nº do Teste:</b>	<b>06</b>
<b>Objeto de Teste:</b>	Operações referentes à análise da técnica de vibração torácica manual.
<b>Caso de Teste:</b>	<b>Testar a análise da vibração torácica manual.</b>
<b>Procedimento:</b>	Primeiramente, na interface do usuário será iniciada a análise da técnica.
<b>Resultado esperado:</b>	É esperado que o software seja capaz de receber do Arduino todas as informações necessárias e, assim, apresentar ao usuário essas informações sem atraso e com precisão.

<b>Nº do Teste:</b>	<b>07</b>
<b>Objeto de Teste:</b>	Operações referentes ao registro de sessões.
<b>Caso de Teste:</b>	<b>Testar o funcionamento do registro de sessões.</b>
<b>Procedimento:</b>	Primeiramente, será iniciado todo o processo que corresponde a uma nova sessão de fisioterapia, começando pela definição do paciente e do fisioterapeuta, depois começará o processo de análise da técnica de vibração. Posteriormente, será realizado o registro da sessão através do software.
<b>Resultado esperado:</b>	É esperado que o software seja capaz de armazenar a nova sessão no banco de dados.

<b>Nº do Teste:</b>	<b>08</b>
<b>Objeto de Teste:</b>	Operações referentes à análise de sessão específica.
<b>Caso de Teste:</b>	<b>Testar o funcionamento das análises de sessão específica.</b>
<b>Procedimento:</b>	Será realizada a seleção do paciente, e em seguida a definição da sessão a ser analisada, a partir do nº de sessão.
<b>Resultado esperado:</b>	É esperado que o software seja capaz de buscar a sessão no banco de dados, através da interface gráfica apresentar os dados de sessão, e consequentemente gerar os gráficos esperados.

<b>Nº do Teste:</b>	<b>09</b>
<b>Objeto de Teste:</b>	Operações referentes à análise geral de sessões.
<b>Caso de Teste:</b>	<b>Testar o funcionamento das análises gerais das sessões.</b>
<b>Procedimento:</b>	Será realizada a seleção do paciente.
<b>Resultado esperado:</b>	É esperado que o software seja capaz de buscar as sessões no banco de dados, através da interface gráfica apresentar a tabela com a comparação dos sinais vitais, e consequentemente gerar os gráficos esperados.

<b>Nº do Teste:</b>	<b>10</b>
<b>Objeto de Teste:</b>	Operações referentes à geração de relatórios.
<b>Caso de Teste:</b>	<b>Testar o funcionamento dos relatórios.</b>
<b>Procedimento:</b>	Selecionar relatório de sessão ou geral. Na geral, selecionar paciente, e formato (HTML e PDF). Na específica, selecionar paciente, selecionar sessão, e formato (HTML ou PDF).
<b>Resultado esperado:</b>	É esperado que o software seja capaz de buscar as sessões no banco de dados, e gerar os arquivos com os gráficos, e data de geração atual.