UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA BIOMÉDICA

KÉTURA RHAMMÁ CAVALCANTE FERREIRA

DESENVOLVIMENTO DE DISPOSITIVO PARA MONITORIZAÇÃO DE PARÂMETROS HEMODINÂMICOS E ELETROMIOGRÁFICOS: UMA APLICAÇÃO EM WATSU

Recife
2020

KÉTURA RHAMMÁ CAVALCANTE FERREIRA

DESENVOLVIMENTO DE DISPOSITIVO PARA MONITORIZAÇÃO DE PARÂMETROS HEMODINÂMICOS E ELETROMIOGRÁFICOS: UMA APLICAÇÃO EM WATSU

Dissertação submetida ao curso de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica da Universidade Federal de Pernambuco, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Biomédica.

Orientador:

Prof. Dr. Marco Aurélio Benedetti Rodrigues

Recife

2020

Catalogação na fonte
Bibliotecário Gabriel Luz, CRB-4 / 2222

F383d Ferreira, Kétura Rhammá Cavalcante.
Desenvolvimento de dispositivo para monitorização de parâmetros hemodinâmicos e eletromiográficos: uma aplicação em Watsu / Kétura Rhammá Cavalcante Ferreira – Recife, 2020.
103 f.: figs., tabs., abrev.

Orientador: Prof. Dr. Marco Aurélio Benedetti Rodrigues.
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica, 2020.
Inclui referências, apêndices e anexos.

1. Engenharia Biomédica. 2. Watsu. 3. Hidroterapia. 4. Eletromiografia. 5. Parâmetros hemodinâmicos. I. Rodrigues, Marco Aurélio Benedetti (Orientador). II. Título.

UFPE

610.28 CDD (22. ed.) BCTG / 2020-176

KÉTURA RHAMMÁ CAVALCANTE FERREIRA

DESENVOLVIMENTO DE DISPOSITIVO PARA MONITORIZAÇÃO DE PARÂMETROS HEMODINÂMICOS E ELETROMIOGRÁFICOS: UMA APLICAÇÃO EM WATSU

Dissertação submetida ao curso de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica da Universidade Federal de Pernambuco, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Biomédica.

Aprovado em: 27/02/2020.

BANCA EXAMINADORA

_____

Prof. Dr. Marco Aurélio Benedetti Rodrigues (Orientador)

Universidade Federal de Pernambuco

_____

Profa. Dra. Patrícia Silva Lessa (Examinadora interna)

Universidade Federal de Pernambuco

_____

Profa. Dra. Valéria Conceição Passos de Carvalho (Examinadora externa)

Universidade Católica de Pernambuco

À minha mãe Maria Eleane, que se dedica integralmente a família, pelo incentivo e contribuição na realização de mais um sonho.

AGRADECIMENTOS

À Deus, meu Criador, por mostrar-me a grandeza de Seus atos. A cada dia a certeza do Seu propósito em minha vida se fortalece. “Tudo tem o seu tempo determinado, e há tempo para todo o propósito debaixo do céu” (Eclesiastes 3,1).

À minha amada mãe Maria Eleane, que com sua fortaleza, doçura e garra, me fez forte, gentil e batalhadora. A quem eu devo todo o trajeto percorrido, ela que nas longas madrugadas esteve comigo, demonstrando o amor em atitudes. Ela que sempre foi e é, minha maior inspiração.

À minha irmã Elane, minha orientadora pessoal e grande incentivadora, onde a minha felicidade torna-se a dela.

Ao meu companheiro Everton, o meu alicerce. Ele que inúmeras vezes acompanhou-me em dias inteiros de laboratório, em dias de coleta e tantos outros momentos. Compreendeu as lutas e restrições desses dois anos.

Às minhas filhas de quatro patas, minhas gordinhas: Luna, Sol, Flor e recém chegada Mia, que durante vários dias e madrugadas disputaram meu colo, permaneceram leais e ofertaram-me sempre o amor. E ao meu eterno amor, meu negão, meu anjo Mike.

À minha família de sangue e a que se formou, por compreender as ausências e pelo cuidado e amor dedicados.

Ao professor orientador Marco Aurélio Benedetti, que acreditou no potencial dessa pesquisa desde o processo de seleção. Aconselhou, incentivou, orientou e em diversos momentos, operacionalizou no processo de desenvolvimento do dispositivo e nos testes. Sempre solicito e compreensivo, ofertou apoio e inquietações quando preciso, as quais foram essenciais para o meu crescimento.

Ao Grupo de Pesquisa em Engenharia Biomédica – GPEB, que foi fundamental durante esse processo. No GPEB, encontrei pessoas solicitas, dedicadas, que em várias ocasiões pausaram seus afazeres em prol desta pesquisa, em especial Ana Vitória Inocêncio, Rafael Lucena e Érico Cavalcante.

À Clínica Rogério Antunes, aos gestores Rogério Antunes e Izaura Muniz, aos funcionários, por toda atenção dispensada, pela disponibilização dos recursos e acolhida nos dias de coleta.

Aos mestres e mentores que fomentaram em mim o interesse na pesquisa e a busca do saber, em especial a minha primeira incentivadora na graduação, professora Valéria Passos.

Aos membros da banca, pelas valiosas contribuições desde a qualificação. De forma clara, objetiva e carinhosa.

Aos amigos que fiz nesta jornada, e aos sempre presentes em minha vida. Em especial a Admilson Chaves, uma amizade construída e consolidada durante o mestrado, e a Camila Campello que sempre me incentivou e foi companheira, além de auxiliar-me nos testes e nas coletas.

A todos os colegas da turma do mestrado, pelos momentos compartilhados e ajuda desde o início até a reta final.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de nível Superior – CAPES, pelo provimento da bolsa do mestrado, a qual permitiu a concretização de todo o projeto.

A palavra de ordem, é gratidão.

RESUMO

A presença de dor pode ser ocasionada por processos inflamatórias, debilidade muscular, degeneração articular ou até tensão na musculatura. A dor crônica pode impactar na percepção do quadro álgico e na avaliação do profissional de saúde. Com isso, para uma melhor identificação e compreensão da dor, a eletromiografia é uma estratégia para análise de tônus muscular. E em razão das ofertas terapêuticas para indivíduos com alterações biomecânicas e musculoesqueléticas, é preciso identificar os recursos que possam favorecer os indivíduos com dores crônicas. A Fisioterapia Aquática, em decorrência das propriedades físicas da água e os efeitos da imersão, proporciona a redução da sobrecarga articular, o que favorece a uma maior mobilidade e flexibilidade. Sendo o método Watsu uma abordagem para atuar nas desordens musculoesqueléticas, aliviando as tensões, promovendo relaxamento muscular proporcionada pela imersão em água aquecida, movimentos passivos e ritmados, o que favorece a diminuição do processo álgico. O período de imersão em meio aquático pode gerar variações nos parâmetros fisiológicos e em prol disso estudos são desenvolvidos para averiguar tais mudanças. Entretanto, são escassos os relatos acerca da monitorização desses achados em tempo real, e em especial através de equipamentos específicos de eletromiografia para o meio aquático. O presente estudo teve por objetivo desenvolver e validar um dispositivo para monitorização de parâmetros hemodinâmicos e eletromiográficos mediante uma sessão de Watsu. A pesquisa constou de cinco etapas: estudo piloto; desenvolvimento do instrumento; proteção e impermeabilização do instrumento, aplicação e validação; e análise dos dados. Realizou-se o desenvolvimento do dispositivo para aquisição e monitorização de parâmetros hemodinâmicos não invasivos e eletromiográficos, o qual foi validado através de um estudo transversal, mediante uma sessão com o método Watsu em uma clínica especializada em Recife/PE. Observou-se que é possível a aquisição e monitoramento em tempo real de parâmetros hemodinâmicos e eletromiográficos no ambiente aquático, cujo monitoramento ocorreu através do desenvolvimento de instrumento específico para essa finalidade. Assim como, a proteção e impermeabilização do dispositivo para esse meio. Verificou-se que mediante uma sessão com o método Watsu, houve diminuição do tônus muscular em decorrência dos manuseios do método e que os parâmetros hemodinâmicos se

mantiveram na faixa de normalidade. Concluiu-se que ferramentas que possam adentrar em ambiente aquático para monitorização em tempo real, poderá subsidiar pesquisas futuras e auxiliar o profissional de saúde na tomada de decisão quanto a continuidade da conduta terapêutica.

Palavras-chave: Watsu. Hidroterapia. Eletromiografia. Parâmetros hemodinâmicos.

ABSTRACT

The presence of pain can be caused by inflammatory processes, muscle weakness, joint degeneration or even muscle tension. Chronic pain can impact the perception of pain and the evaluation of the health professional. Thus, for a better identification and understanding of pain, electromyography is a strategy for analyzing muscle tone. And because of the therapeutic offerings for individuals with biomechanical and musculoskeletal changes, it is necessary to identify the resources that can favor individuals with chronic pain. Aquatic Physiotherapy, due to the physical properties of water and the effects of immersion, provides a reduction in joint overload, which favors greater mobility and flexibility. The Watsu method is an approach to act on musculoskeletal disorders, relieving tensions, promoting muscle relaxation provided by immersion in heated water, passive and rhythmic movements, which favors the reduction of the pain process. The period of immersion in aquatic environment can generate variations in the physiological parameters and to that end, studies are developed to investigate such changes. However, there are few reports about monitoring these findings in real time, and especially through specific electromyography equipment for the aquatic environment. The present study aimed to develop and validate a device for monitoring hemodynamic and electromyographic parameters through a Watsu session. The research consisted of five stages: pilot study; development of the instrument; protection and waterproofing of the instrument, application and validation; and data analysis. The device was developed for the acquisition and monitoring of noninvasive and electromyographic hemodynamic parameters, which was validated through a cross-sectional study, through a session with the Watsu method in a specialized clinic in Recife / PE. It was observed that it is possible to acquire and monitor hemodynamic and electromyographic parameters in the aquatic environment in real time, whose monitoring occurred through the development of a specific instrument for this purpose. As well as, the protection and waterproofing of the device for this medium. It was found that through a session with the Watsu method, there was a decrease in muscle tone due to the handling of the method and that the hemodynamic parameters remained within the normal range. It was concluded that tools that can enter the aquatic environment for monitoring in real time, may support future research and

assist the health professional in making decisions regarding the continuity of the therapeutic conduct.

Keywords: Watsu. Hydrotherapy. Electromyography. Hemodynamic parameters.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Método Watsu 27
Figura 2 – Curva de absorção de luz de Hb e HbO_2 28
Figura 3 – Distribuição da origem dos estudos 34
Figura 4 – Fluxograma das estratégias para a revisão sistemática 36
Figura 5 – Procedimentos para seleção 45
Figura 6 – Procedimentos para coleta de dados 45
Figura 7 – Posicionamento final para o teste de Sorensen 48
Figura 8 – Esquemático do hardware do estudo piloto 49
Figura 9 – Instrumento desenvolvido para o estudo piloto 50
Figura 10 – Alocação dos eletrodos para o músculo dorsal longo (A) e íliocostal lombar (B), conforme os preceitos do SENIAM 50
Figura 11 – Referências para alocação dos eletrodos e posicionamento dos mesmos para os músculos dorsal longo e íliocostal lombar em estudo piloto 51
Figura 12 – Análise em frequência da média das aquisições do músculo dorsal longo de um voluntário. Em repouso (A) e em contração (B) 52
Figura 13 – Análise em frequência da média das aquisições do músculo íliocostal lombar de um voluntário. Em repouso (A) e em contração (B) 53
Figura 14 – Esquemático do instrumento de EMG subaquático 58
Figura 15 – Circuito de EMG inicial para teste em laboratório 58
Figura 16 – Sinal de eletromiografia visualizado em osciloscópio na fase de teste em água, durante contração muscular 59
Figura 17 – Sinal de eletromiografia visualizado em osciloscópio na fase de teste em água, durante o repouso 59
Figura 18 – Placa de desenvolvimento KL25Z 60
Figura 19 – Comunicação da placa de desenvolvimento KL25Z com o sensor MAX30100 61
Figura 20 – Comunicação da KL25Z com display LCD (A) e visualização

dos parâmetros hemodinâmicos (C) na fase de testes em laboratório 62
Figura 21 – Gráfico da aquisição e monitoramento da frequência cardíaca em ambiente terrestre 62
Figura 22 – Gráfico da aquisição e monitoramento da frequência cardíaca em ambiente aquático 62
Figura 23 – Gráfico da aquisição e monitoramento da saturação de oxigênio em ambiente terrestre 63
Figura 24 – Gráfico da aquisição e monitoramento da saturação de oxigênio em ambiente aquático 63
Figura 25 – Módulo Bluetooth utilizado no equipamento desenvolvido 63
Figura 26 – Circuito final com os dispositivos integrados 64
Figura 27 – Esquemático da captação e transmissão dos dados 65
Figura 28 – Fluxo do firmware para ativação e funcionamento do display LCD 66
Figura 29 – Armazenamento e proteção do sensor de oximetria (A), sensor em funcionamento (B) e display (C) 67
Figura 30 – Versão inicial da caixa de proteção e armazenamento do instrumento, visualização para o display (A) e lateral da caixa (B) 68
Figura 31 – Versões para a caixa de proteção e armazenamento do instrumento 68
Figura 32 – Chave magnética utilizada no equipamento 68
Figura 33 – Versão final da caixa e chave para ligar/desligar o equipamento (A) e local de contato com a chave magnética (B) 69
Figura 34 – Partes impressas para proteção e armazenamento da versão final da caixa 69
Figura 35 – Processo de impermeabilização na fase de testes. Tampa da caixa na versão inicial (A), tampa da caixa na versão final (B) e corpo da caixa na fase de testes (C) 70
Figura 36 – Instrumento em caixa de proteção e armazenamento após processo de impermeabilização 71
Figura 37 – Ilustração do posicionamento do sensor, instrumento e eletrodos . 72

Figura 38 – Posicionamento do sensor, instrumento e eletrodos na voluntária . 73
Figura 39 – Manuseios do método Watsu com o instrumento desenvolvido. Embaixo da perna (A) e oferecendo com uma perna (B) 75
Figura 40 – Sequência dos manuseios utilizados com o método Watsu 76
Figura 41 – Gráfico de monitorização do tônus muscular dos músculos dorsal longo e íliocostal lombar do voluntário 1 80
Figura 42 – Gráfico de monitorização do tônus muscular dos músculos dorsal longo e íliocostal lombar do voluntário 2 82
Figura 43 – Gráfico de monitorização do tônus muscular dos músculos dorsal longo e íliocostal lombar do voluntário 3 83
Figura 44 – Gráfico de monitorização do tônus muscular dos músculos dorsal longo e íliocostal lombar do voluntário 4 84
Figura 45 – Gráfico de monitorização do tônus muscular dos músculos dorsal longo e íliocostal lombar do voluntário 5 85
Figura 46 – Monitorização da frequência cardíaca do voluntário 5 86
Figura 47 – Monitorização da saturação de oxigênio do voluntário 5 86

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Termos de busca em pesquisa inicial 32
Tabela 2 – String adotada em cada base de busca 33
Tabela 3 – Bases utilizadas na revisão sistemática 34
Tabela 4 – Estudos incluídos na revisão sistemática 37
Tabela 5 – Ferramenta Cochrane para avaliação de risco de viés 37
Tabela 6 – Escala de PEDro 38
Tabela 7 – Frequências máximas e mínimas de cada voluntário do estudo piloto 54
Tabela 8 – Média das frequências de ativação dos voluntários 54
Tabela 9 – Caracterização da amostra do estudo piloto 55
Tabela 10 – Manuseios do método Watsu escolhidos para o estudo 74
Tabela 11 – Caracterização da amostra do estudo 77
Tabela 12 – Caracterização da dor lombar, conforme o questionário de incapacidade de Roland e Morris 78
Tabela 13 – Caracterização da dor lombar, conforme o questionário de McGill 79
Tabela 14 – Variáveis hemodinâmicas aferidas antes e após o Watsu 86

LISTA DE ABREVIATURAS

BVS	Biblioteca Virtual em Saúde
CAAE	Certificado de Apresentação para Apreciação Ética
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de nível Superior
CEP	Comitê de Ética em Pesquisa
DL	Músculo dorsal longo
EIPS	Espinha ilíaca póstero-superior
EMG	Eletromiografia
EVA	Escala Visual Analógica
FC	Frequência cardíaca
FFT	Transformada de Fourier
GPEB	Grupo de Pesquisa em Engenharia Biomédica
Hb	Hemoglobina
HbO_2	Oxihemoglobina
HC-05	Transmissor *Bluetooth*
Hz	Hertz
IAS	*International Association for the Study of Pain*
IEEE	*Institute of Eletrical and Eletronica Engineers*
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IL	Músculo íliocostal lombar
INA 129	Amplificador de instrumentação
I^2C	*Inter Integrated Circuit*
KL25Z	Placa de desenvolvimento
LIHOM	Laboratório de Interface Homem-Máquina
L_1	1ª vértebra lombar
L_2	2ª vértebra lombar
L_3	3ª vértebra lombar
L_4	4ª vértebra lombar
L_5	5ª vértebra lombar
MAX30100	Sensor de oximetria
OMS	Organização mundial de saúde

OPAS	Organização Pan-Americana de saúde
PEDro	*Physiotherapy Evidence Database*
PLA	Filamento de ácido polilático
RSL	Revisão Sistemática da Literatura
SENIAM	*Surface Electromyography for the non-invasive Assessment of Muscles*
SPI	*Serial Peripheral Interface*
SpO_2	Saturação periférica de oxigênio
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
TL 084	Amplificador operacional
TM	Tônus muscular
T_{11}	11ª vértebra torácica
UART	*Universal Asynchronous Receiver Transmitter*
UFPE	Universidade Federal de Pernambuco
VH	Variáveis hemodinâmicas
V^2/Hz	Amplitude com densidade espectral

SUMÁRIO

1	**INTRODUÇÃO**	19
1.1	OBJETIVOS	20
1.2	JUSTIFICATIVA	21
2	**FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**	23
2.1	DOR	23
2.2	FISIOTERAPIA AQUÁTICA	24
2.2.1	Propriedades físicas e efeitos fisiológicos da água	24
2.2.2	Método Watsu	26
2.3	PARÂMETROS HEMODINÂMICOS NÃO INVASIVOS	27
2.4	ELETROMIOGRAFIA	29
3	**REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA**	31
3.1	PROTOCOLO ADOTADO PARA A RSL	31
3.1.1	Identificação dos estudos	31
3.1.2	Seleção	35
3.1.3	Elegibilidade	35
3.1.4	Inclusão	35
3.2	ANÁLISE E DISCUSSÃO	38
4	**METODOLOGIA**	42
4.1	DESENHO E LOCAL DO ESTUDO	42
4.2	ASPECTOS ÉTICOS	43
4.3	POPULAÇÃO DO ESTUDO	43
4.4	CRITÉRIOS DE ELEGIBILIDADE	43
4.4.1	Critérios de inclusão	43
4.4.2	Critérios de exclusão	43
4.5	AMOSTRAGEM	44
4.6	PROCEDIMENTOS PARA SELEÇÃO E ALOCAÇÃO DOS PARTICIPANTES	44
4.7	PROCEDIMENTO PARA COLETA DE DADOS	45
4.8	CRITÉRIOS PARA DESCONTINUAÇÃO DO PARTICIPANTE	46
4.9	INSTRUMENTO DE TRIAGEM	46

4.10	INSTRUMENTOS ELETRÔNICOS	46
4.11	PISCINA	47
5	**ESTUDO PILOTO**	48
6	**DESENVOLVIMENTO DO INSTRUMENTO**	57
6.1	ELETROMIÓGRAFO SUBAQUÁTICO	57
6.2	MONITORIZAÇÃO DE PARÂMETROS HEMODINÂMICOS	60
6.3	INTEGRAÇÃO DOS DISPOSITIVOS	64
7	**PROTEÇÃO E IMPERMEABILIZAÇÃO DO INSTRUMENTO** ..	67
8	**APLICAÇÃO E VALIDAÇÃO**	72
8.1	ANÁLISE DOS DADOS	76
9	**RESULTADOS E DISCUSSÃO**	77
9.1	VOLUNTÁRIOS	80
9.1.1	Voluntário 1	80
9.1.2	Voluntário 2	81
9.1.3	Voluntário 3	82
9.1.4	Voluntário 4	83
9.1.5	Voluntário 5	84
10	**CONCLUSÃO**	90
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	91
	APÊNDICE A – LISTA DE CHECAGEM	102
	APÊNDICE B – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO	103
	APÊNDICE C – TERMO DE COMPROMISSO E CONFIDENCIALIDADE	106
	APÊNDICE D – QUESTIONÁRIO SOCIOECONÔMICO E DEMOGRÁFICO	107
	APÊNDICE E – COMPONENTES DA CAIXA DO INSTRUMENTO	109
	ANEXO A – QUESTIONÁRIO ROLAND MORRIS	112
	ANEXO B – QUESTIONÁRIO McGILL	113
	ANEXO C – ESCAVA VISUAL ANALÓGICA	114

1 INTRODUÇÃO

A dor pode apresentar-se clinicamente em decorrência de processos inflamatórios, congênitos, degenerativos, infecciosos e/ou mecânico posturais e estar associada a outros sintomas. O que pode impactar na percepção do quadro álgico pelo indivíduo e na avaliação pelo profissional de saúde. Faz-se necessário a compreensão e a identificação da dor para uma tomada de decisão (ANDRADE, ARAÚJO e VILAR, 2005; GOSLING, 2013).

Em decorrência dos incrementos e ofertas terapêuticas direcionadas ao público com alterações biomecânicas e/ou musculoesqueléticas é necessário compreender as demandas e os efeitos que podem favorecer ou não os pacientes.

Na Fisioterapia Aquática, o meio líquido atua diminuindo as sobrecargas nas articulações e auxiliando no processo de reabilitação, em virtude de suas propriedades físicas, e assim proporcionando maior mobilidade e flexibilidade para esses indivíduos (CAROMANO, THEMUDO FILHO e CANDELORO, 2003; MARINHO-BUZELLI *et al*., 2019). Entretanto, apesar da sua crescente expansão e conhecimento dos benefícios do tratamento em meio aquático, ainda é incipiente essas práticas, em especial dos praticantes do método Watsu.

O Watsu é uma técnica criada por Harold Dull, no início dos anos 80, na qual realiza uma junção de alongamentos musculares, massagens e mobilizações realizadas em água. Sendo uma das primeiras formas de trabalho corporal na água (RUOTI, MORRIS e COLE, 2000).

O método destaca-se pelo relaxamento profundo, proporcionado por seus movimentos passivos, rítmicos, sequenciados, flutuação mantida e auxílio da temperatura da água. Esse método é uma estratégia no tratamento de várias afecções musculoesqueléticas, pois o paciente permanece com a influência do empuxo durante toda a sessão, mas sem sobrecarga em suas articulações (ANTUNES *et al.*, 2016; CAMPION, 2000; RUOTI, MORRIS e COLE, 2000; DULL, 2001).

Estudos apontam que as atividades em meio aquático proporcionam uma redistribuição dos fluxos, diminuição da Pressão Arterial (PA) e Frequência Cardíaca (FC), além de diminuição do tônus muscular (CARREGARO e TOLEDO, 2008; FERREIRA, 2010).

No que refere ao tônus muscular, a sua análise através da eletromiografia (EMG) em ambiente aquático tem sido alvo de diversas pesquisas (CLARYS, 1985; FUJISAWA, 1998; MASUMOTO, 2004; POYHONEN, 2001), as quais apresentaram recomendações para avaliação em meio aquático. Entretanto, há lacunas metodológicas acerca da vedação e impermeabilização do instrumento utilizado, bem como carência de instrumentos específicos para esse ambiente, dificultando assim a mensuração.

São escassos os relatos acerca da monitorização desses achados através de equipamentos em tempo real, bem como as evidências da literatura não se fazem sensíveis para demonstrar a seguridade e eficácia envolvendo o método Watsu. Havendo precariedade no que se refere ao entendimento de suas particularidades.

A literatura apresenta, em sua maioria, estudos qualitativos ou de baixo impacto metodológico. E em virtude da carência acerca da temática e suas peculiaridades, desenvolveu-se, então, a ideia desta pesquisa, a qual possibilitará uma melhor compreensão do comportamento muscular e das variáveis hemodinâmicas dentro da água.

A relevância deste estudo, está no desenvolvimento e adaptação de instrumentos para a aquisição eletromiográfica, mensuração e transmissão de parâmetros hemodinâmicos, tais como frequência cardíaca e oximetria em ambiente aquático, mediante uma sessão de Watsu. Bem como, um sistema de impermeabilização e vedação para aquisição em meio aquático. Visando também, observar as repercussões ocorridas nas variáveis hemodinâmicas abordadas e a influência na musculatura, o que poderá subsidiar pesquisas e tratamentos futuros de pacientes.

1.1 OBJETIVOS

O presente trabalho objetivou alcançar o desenvolvimento e validação de dispositivo para monitorização de parâmetros hemodinâmicos e eletromiográficos mediante uma sessão de Watsu. Para tanto, foram estabelecidos como objetivos específicos:

a) Desenvolver um instrumento resistente a água para aferição, visualização e monitoramento dos parâmetros hemodinâmicos (frequência cardíaca e oximetria);
b) Desenvolver um instrumento resistente a água para verificação de tônus muscular através da eletromiografia de superfície;
c) Adaptar as faixas de frequência do equipamento para a aquisição do sinal eletromiográfico para os músculos dorsal longo – porção torácica e íliocostal lombar;
d) Desenvolver uma interface para integrar frequência cardíaca e oximetria com a eletromiografia de superfície;
e) Validação do dispositivo para ambiente aquático;
f) Identificar se há diminuição do tônus muscular mediante uma sessão com o método Watsu e se há alteração da frequência e oximetria, através de dispositivo para aquisição e monitorização em tempo real de variáveis hemodinâmicas e eletromiográficas.

1.2 JUSTIFICATIVA

As atividades executadas em piscinas térmicas favorecem a manutenção da amplitude de movimento, do ganho de força muscular, a redução de quadro álgico, adequação de tônus e favorecimento ao retorno venolinfático, proporcionando bem estar físico e interferindo diretamente na qualidade de vida do indivíduo.

Entretanto, apesar dos benefícios observados na vivência clínica, tais achados são incipientes nas evidências científicas. Acredita-se que seja pela dificuldade na mensuração e transmissão de parâmetros no meio aquático.

O mercado atualmente oferta instrumentos que são resistentes a água, em contrapartida não foram idealizados e confeccionados para fins terapêuticos, e com isso apresentam limitações. Causando dificuldade na mensuração de variáveis no ambiente aquático, pois tais ferramentas devem demandar de uma boa aquisição dos sinais, vedação e impermeabilização do sistema, e transmissão dos dados de modo eficaz.

Em decorrência disso, faz-se necessário o incremento de dispositivos e ferramentas sensíveis, que além de captar adequadamente as informações sobre a

frequência cardíaca, oximetria e parâmetros eletromiográficos, possam transmitir os dados para averiguação em tempo real ou posterior. E assim poder subsidiar pesquisas futuras.

A pesquisa apresentou viabilidade operacional para o desenvolvimento do estudo, pois foi realizada no Laboratório Interface Homem-Máquina (LIHOM) da Universidade Federal de Pernambuco e clínica especializada em Fisioterapia.

É factível em relação ao número de sujeitos da pesquisa, por tratar-se de uma validação do instrumento, e sendo o processo álgico uma condição que pode atingir até 65% dos indivíduos no período de um ano, com prevalência de aproximadamente 11,9% da população mundial. A dor pode influenciar no tônus muscular e repercussões hemodinâmicas, impactando negativamente na qualidade de vida, no sistema de saúde, tornando-se uma questão de saúde pública (NASCIMENTO e COSTA, 2015). Assim como, o método Watsu destaca-se em razão dos benefícios proporcionados aos indivíduos com afecções musculoesqueléticas.

No que pauta o domínio técnico, os instrumentos foram idealizados pela autora e desenvolvidos em parceria com os engenheiros do LIHOM. No que refere o método Watsu, a pesquisadora responsável pelos manuseios com o método Watsu é capacitada e treinada para a técnica, apresentando atuação na área e com o método, por período superior a 7 anos.

O tempo estimado atendeu as necessidades exigidas na pesquisa e o custo ficou por conta da pesquisadora. A pesquisa está em conformidade com os quatro princípios da bioética: beneficência, não maleficência, autonomia e justiça. Foi submetida ao Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), e aprovada conforme CAAE: 03413118.0.0000.5208 e parecer: 3.207.182, segundo a Resolução 466/2012.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo é dedicado ao estudo dos conceitos teóricos importantes para orientar a análise e interpretação desta pesquisa.

2.1 DOR

De forma conceitual, a Associação Internacional para Estudo da Dor - *International Association for the Study of Pain – IASP,* relata que dor é uma experiência sensorial e emocional desagradável. Podendo estar associada a uma lesão de tecidos real ou em potencial, tais como processos inflamatórios, degenerativos, debilidade ou tensão muscular. A dor, geralmente decorre de vários fatores, sendo a sua presença subjetiva e individual (KREALING, CRUZ e PIMENTA, 2006; NASCIMENTO e COSTA, 2015).

A dor pode ocorrer de forma aguda e/ou cronificar, o que pode favorecer em alguns indivíduos alterações no humor, na concentração e restrições da funcionalidade, impactando nas atividades cotidianas profissionais e recreativas. A dor crônica é reconhecida por uma dor persistente por período superior de 3 a 6 meses (TREEDE *et al.*, 2015).

A cronicidade, frequentemente decorre de um conjunto de fatores: sociais, biomecânicos, demográficos e laborais. Sendo a dor lombar, uma das principais causas de afastamento do trabalho (SILVA, FASSA e VALLE, 2004; KREALING, CRUZ e PIMENTA, 2006; SHAMSI *et al*., 2020).

De acordo com a Organização Pan-Americana de Saúde/Organização Mundial de Saúde (OPAS/OMS) a dor lombar gera impacto pessoal, ocupacional, social e econômico, tornando-se um problema de saúde pública. No ano de 2007, o Brasil registrou como sendo a dor lombar a primeira causa, entre as causas de invalidez, com uma prevalência superior a 50% em um ano. O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, no ano de 2010 apontou as dores na coluna como a segunda condição de saúde mais prevalente no Brasil dentre as patologias crônicas (NASCIMENTO e COSTA, 2015; SHAMSI *et al.*, 2020).

Estima-se que de 65% a 85% dos indivíduos ao longo da vida, terão os sinais e desconfortos das dores lombares (NASCIMENTO e COSTA, 2015; MALTA *et al*.,

2017; PERGOLIZZI JR. e LEQUANG, 2020). Tornando-se um desafio para os profissionais de saúde, visando a funcionalidade e reintegração do indivíduo no âmbito social, recreativo e laboral, e sendo um potencializador dos custos ao sistema de sáude.

2.2 FISIOTERAPIA AQUÁTICA

A Fisioterapia Aquática consiste na utilização de exercícios, métodos e técnicas específicas em piscina aquecida, variando de 31°C - 34°C (STAN, 2013; AN, LEE e YI, 2019; LEE *et al*., 2019) a depender do paciente e da técnica. É utilizada como estratégia para reabilitação de indivíduos com afecções neuromusculoesqueléticas, através dos efeitos físicos e fisiológicos da imersão, objetivando a prevenção e promoção da saúde (SILVA *et al*., 2013).

A atividade em meio aquático auxilia na redistribuição dos fluxos, favorecendo a diminuição da pressão arterial e da frequência cardíaca. Além da diminuição da sensibilidade nas terminações nervosas, a qual promove relaxamento e declínio na tensão muscular. Impactando no bem estar físico, social e emocional por favorecer um ambiente lúdico (RUOTI, MORRIS e COLE, 2000; DULL, 2001; LIMA e OLIVEIRA, 2005; CUNHA *et al*., 2010; GOSLING, 2013; ANTUNES *et al*., 2016).

2.2.1 Propriedades físicas e efeitos fisiológicos da água

O ambiente aquático apresenta vantagens no processo de reabilitação e alívio de queixas álgicas, em decorrência de suas propriedades físicas e os efeitos fisiológicos da imersão (COSTA e ASSIS, 2010). É considerado seguro e eficaz para a abordagem desses indivíduos, tendo em vista que o meio atua simultaneamente nas desordens musculoesqueléticas e na melhora do equilíbrio. Esse ambiente promove diminuição da sobrecarga articular, relaxamento muscular, facilitação de movimento articular, ganho de força, ganho de resistência muscular e consciência corporal (MULLER *et al*., 2001; LAMEZON e PATRIOTA, 2005; LIMA e OLIVEIRA, 2005; VALIM *et al*., 2005; RESENDE, RASSI e VIANA, 2008).

Como o auxílio da flutuabilidade e pressão hidrostática, conforme o princípio de Arquimedes e Pascal respectivamente, há diminuição do peso corpóreo e facilitação

para manutenção ou incremento da amplitude de movimento (CAMPION, 2000; CANDELORO e CAROMANO, 2006; RIBAS *et al*., 2007; PINTO *et al*., 2018). Os movimentos são facilitados e podem não sofrer sobrecargas, o que leva ao indivíduo a execução de movimentos e atividades, que em algumas situações não apresentam condições de realização em solo ou não é permitido (CANDELORO e CAROMANO, 2004; SEBBEN *et al*., 2011).

Dentre os outros princípios físicos da água, destacam-se a densidade relativa, tensão superficial, viscosidade e fluxo. Todos os princípios integram e auxiliam o processo de reabilitação em meio aquático e o retorno da funcionalidade (CAMPION, 2000).

Com a imersão, há adaptações nos sistemas fisiológicos, tais como o favorecimento ao retorno venolinfático e o aumento do aporte sanguíneo na circulação pulmonar, assim corroborando para a troca gasosa (CAMPION, 2000; RUOTI, 2000; CARREGARO, 2008). Em virtude da profundidade assumida pelo indivíduo no momento da imersão e com a oposição sofrida pela caixa torácica e a pressão hidrostática, há também o aumento do trabalho respiratório (CAROMANO, THEMUDO FILHO e CANDELORO, 2003; CUNHA e CAROMANO, 2003; CANDELORO e CAROMANO, 2004).

Em decorrência da vasoconstrição ocasionada durante a imersão, ocorre um leve incremento na pressão arterial. Bem como alterações na saturação de oxigênio, temperatura corporal e frequência cardíaca, nesta última podendo estar relacionada pela variação do débito cardíaco quando indivíduo imerso em água aquecida, podendo atingir aumentos de 30% a uma temperatura de aproximadamente 33°C. (CUNHA e CAROMANO, 2003; CARREGARO e TOLEDO, 2008).

Durante a imersão do paciente é comum o aumento da vontade de urinar, isto ocorre pois há um aumento na excreção de sódio, gerando um efeito diurético. Assim como é suspenso o hormônio antidiurético, favorecendo a liberação de sódio e potássio e aumentando a diurese. Os efeitos renais ocasionados pela imersão, combinados com os cardiovasculares, podem favorecer a diminuição da pressão arterial (VALIM *et al.*, 2005; SEBBEN *et al.*, 2011).

O paciente quando em imersão e temperatura acima da termoneutra (35°C), há uma vasodilatação periférica, favorecendo a redistribuição do fluxo sanguíneo. A

diminuição da sensibilidade nas terminações nervosas, promovendo relaxamento e declínio da tensão muscular (LAMEZON e PATRIOTA, 2005; CUNHA *et al*., 2010).

2.2.2 Método Watsu

Dentre as abordagens fisioterapêuticas em meio aquático, para indivíduos com queixas álgicas, destacam-se os manuseios que favorecem a diminuição da sobrecarga articular, os que diminuem a tensão muscular e que ofertem a flutuabilidade, com o auxílio ou não de equipamentos flutuadores. Sendo o método Watsu uma estratégia de atuação por seus movimentos sequenciais, com sustentação do indivíduo e auxílio da temperatura da água, influindo eficientemente nas afecções musculoesqueléticas, facilitando a mobilidade e reduzindo o quadro álgico (SCHITTER *et al*., 2015; PINTO, 2018).

A palavra Watsu é um acrônimo derivado de "*water*" e "*shiatsu*". O criador do método Harold Dull, inicialmente, inseriu alguns dos manuseios do *Zen-Shiatsu* em água aquecida e com o passar dos anos a técnica foi incrementada e é mundialmente difundida (RUOTI, MORRIS e COLE, 2000; DULL, 2001; CHON, OH E SHIM, 2009; STAN, 2013).

O método é realizado em piscina aquecida, 34°C (DULL, 2001; STAN, 2013), a depender também das condições ambientais e físicas, de forma individualizada e ambiente silencioso. Na sessão são realizados manuseios de acordo com o fluxo gerado e com enfoque em: alongamentos musculares; mobilizações articulares; trações; massagens em pontos específicos; e concomitante com a coordenação da respiração (DULL, 2001; PASTRELLO, GARCÃO E PEREIRA, 2009; STAN, 2013).

A técnica preconiza a manutenção da flutuação e respeita as demandas individuais O criador do método, relata que não há sequência específica, deve-se respeitar o fluir do movimento de acordo com as necessidades e as limitações de quem a recebe (Figura 1) (DULL, 2001; LIMA E OLIVEIRA, 2005; PASTRELLO, GARCÃO E PEREIRA, 2009; VALLIM *et al*., 2011; ANTUNES *et al*., 2016).

Figura 1 – Método Watsu

Fonte: a autora, 2020.

2.3 PARÂMETROS HEMODINÂMICOS NÃO INVASIVOS

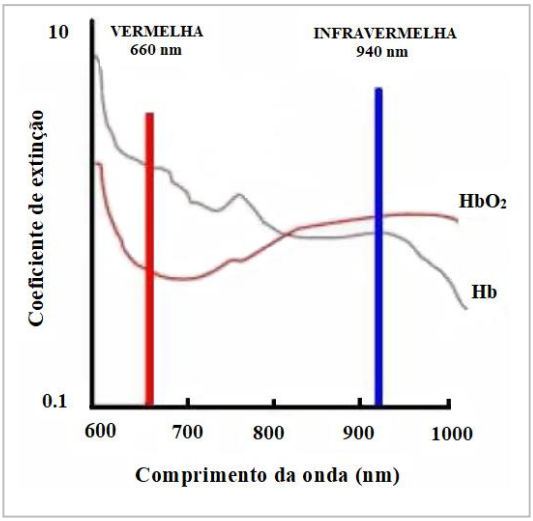
Em virtude do processo de imersão em piscina térmica e as repercussões ocasionadas em razão dos efeitos fisiológicos da imersão nos sistemas do corpo humano, entender os parâmetros hemodinâmicos torna-se relevante para a intervenção nesse ambiente. Dentre os parâmetros hemodinâmicos não invasivos, destacam-se a frequência cardíaca e a saturação de oxigênio.

A frequência cardíaca (FC) é a quantidade de vezes que o coração bombeia num período de um minuto, ou seja, os batimentos cardíacos. Essa frequência reflete as adaptações ocorridas para satisfazer as demandas metabólicas. A variabilidade da frequência cardíaca pode surgir e é esperada (POLITO e FARINATTI, 2003; VANDERLEI, PASTRE e HOSHI, 2009; FERREIRA, 2010). Tal variabilidade serve como um marcador e/ou preditor de risco cardiovascular (ZAFFALON JÚNIOR, VIANA e DE MELO, 2018). Assim também como a variação da pressão arterial possui íntima relação com eventos cardiovasculares (SOCIEDADE BRASILEIRA DE CARDIOLOGIA, 2011; SOCIEDADE BRASILEIRA DE CARDIOLOGIA, 2018).

Já a saturação periférica de oxigênio é visualizada através da oximetria, o oxigênio é carregado pela hemoglobina, sendo um importante parâmetro do sistema respiratório e circulatório. A medição da saturação de oxigênio é realizada através da luz que é emitida atravessando os tecidos e parcialmente absorvida. O que ocorre

através da análise da absorção da luz vermelha e infravermelha pela hemoglobina (Hb) e oxihemoglobina (HbO_2). A absorção de Hb em relação ao espectro da luz vermelha é bem maior do que a de HbO_2, e a da Hb na luz infravermelha é bem menor que o de HbO_2 (Figura 2) (PEREIRA JÚNIOR, 2014; BUNAZAR *et al.*, 2017; MACIEL *et al.*, 2017).

Figura 2 – Curva de absorção de luz de Hb e HbO_2



Fonte: Pereira Júnior, 2014. Tradução da autora.

A visualização da saturação de oxigênio, auxilia na atenção ao indivíduo e minimiza os possíveis riscos, sendo um indicador para tomada de decisão clínica (AMARAL, FERREIRA e FEREZ, 1992; CUNHA, 2019).

Na literatura, há evidências acerca de parâmetros fisiológicos no que refere as investigações das repercussões hemodinâmicas mediante algum procedimento, atividade ou esforço. Entretanto, no ambiente aquático, tal investigação ocorre no momento que antecede e no momento posterior a intervenção em piscina térmica, sendo precária a monitorização durante a realização de atividades em meio líquido.

Ambientes distintos ofertam respostas fisiológicas diferentes. Em meio aquático durante a execução de exercício, a depender da imersão, profundidade, temperatura e posturas adotadas existe variação nesses parâmetros, em especial no comportamento da FC (GRAEF e KRUEL, 2006; FERREIRA, 2010).

2.4 ELETROMIOGRAFIA

A eletromiografia é o registro do potencial elétrico gerado por um músculo. A ativação mioelétrica pode ser captada através de eletrodos, quando em contração muscular. A aquisição do sinal eletromiográfico pode ser de forma invasiva ou não invasiva, sendo o método não invasivo o mais utilizado para avaliação muscular. (MARCHETTI e DUARTE, 2006; BORGES, SANTOS e SILVA, 2016; LIRA, 2018).

O sinal de aquisição mioelétrico decorre do potencial de ação da fibra muscular. Assim, a eletromiografia (EMG) utiliza de mecanismos para detecção e captação do sinal mioelétrico, que quando captado, pode conter informações de diferentes músculos (BELO *et al*., 2009; FERREIRA, 2010). A análise no sinal de EMG é amplamente utilizada para auxiliar no diagnóstico e na reabilitação. Pois, o mesmo possibilita avaliar a duração da atividade muscular e através da sua distribuição em frequência, a presença de fadiga (BERNARDES, GOMEZ e BENTO, 2009; FERREIRA, 2010; KIM, 2014).

Alguns pontos devem ser considerados na aquisição da atividade elétrica muscular, como a impedância entre a interface pele-eletrodo. Os valores aferidos vão ser influenciados pelo tipo de músculo analisado, alocação dos eletrodos e sua contração muscular, que podem ser de fibras do Tipo I, gerando contração muscular lenta ou fibras do Tipo II com contração muscular rápida (ORTOLAN, 2002).

A captação do sinal mioelétrico no ambiente aquático impõe alguns cuidados para aquisição do sinal. Entre eles, a impermeabilização e vedação do sistema, para que não ocorra interferência na aquisição (MULLER *et al*., 2005).

A resposta da atividade muscular elétrica difere em solo e ambiente aquático, provavelmente pelo tipo de contração muscular. Alguns estudos mostram que os achados diferem entre os meios, os quais podem ser justificados pelos benefícios da imersão com a pressão hidrostática e o empuxo. Sendo o empuxo, um dos principais responsáveis pela diminuição do sinal dentro da água, modificando também quando há incremento de velocidade, o que vai permear pelo maior recrutamento muscular (POYHONEN *et al*., 1999; MULLER *et al*., 2005).

Após a aquisição dos sinais, há um processo de amplificação e filtragem dos artefatos. Os amplificadores servem para ofertar ganho ao sinal de entrada com um ganho elevado e os filtros são capazes de atenuar um sinal na sua faixa de corte e

permitir a passagem das demais frequências. (ARMSTRONG JÚNIOR, 2004; ONUKI, 2005).

Analisar o tônus torna-se imprescindível para adequar a conduta terapêutica e a eletromiografia oferta avaliações mais precisas acerca do tônus (BERNARDES, GOMEZ e BENTO, 2010; ORTOLAN, 2002).

O tônus muscular normal é definido por uma tensão permanente e leve, existente nos músculos, ocorrendo variação quando o músculo está ativo ou em repouso. O qual é caracterizado pela resistência a alongamentos passivos do músculo, sendo inerente ao músculo sem comprometimento (SHUMWAY-COOK e WOOLLACOTT, 2010; MARSURA *et al*., 2012). Quando o tônus aumenta, está em excesso, pode ocasionar processos álgicos, contraturas e/ou deformidades. Impactando também na força muscular, equilíbrio e no controle motor do indivíduo (SHUMWAY-COOK e WOOLLACOTT, 2010; MARSURA *et al*., 2012; TEIXEIRA E HENRIQUES, 2017).

Em razão das propriedades físicas da água e sua temperatura, há um efeito de relaxamento no tônus muscular. O que torna o ambiente aquático benéfico no processo de reabilitação em indivíduos com alteração de tônus (CARREGARO e TOLEDO, 2008). Em paralelo e apesar do meio aquático favorecer a diminuição do tônus, pode-se obter o incremento no tônus em virtude dos manuseios nesse meio e a facilitação na descarga de peso em membros (BOTTURA, ACCACIO e MAZZITELLI, 2006).

3 REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

A Fisioterapia Aquática aponta como estratégia de reabilitação em várias desordens musculoesqueléticas e de equilíbrio. O período de imersão em meio aquático promove variações nos parâmetros fisiológicos, em virtude da atividade executada, a depender da imersão, profundidade, temperatura e posturas assumidas.

Em decorrência das propriedades físicas da água e sua temperatura, o tônus muscular poderá ser alterado, adequado. Com isso, o ambiente aquático torna-se benéfico no processo de reabilitação em indivíduos com alteração de tônus, apontando a eletromiografia como estratégia de avaliação e auxílio no diagnóstico e reabilitação.

Indivíduos com a presença de dores lombares por período superior a 6 meses, caracterizando cronicidade, é sugestivo de tensão em músculos extensores lombares. A intervenção através do método Watsu pode promover maior flexibilidade e diminuição do quadro álgico nesses indivíduos, em decorrência da diminuição do tônus muscular. Por tratar-se de uma técnica na qual o indivíduo permanece em imersão por determinado tempo, monitorar as variáveis hemodinâmicas é relevante.

Considerando os achados, objetivou-se a realização de uma revisão sistemática da literatura (RSL) acerca da temática, com o objetivo de averiguar a mensuração de parâmetros hemodinâmicos e eletromiográficos em ambiente aquático e informações sobre o método Watsu.

3.1 PROTOCOLO ADOTADO PARA A RSL

Inicialmente foram elaboradas as questões de pesquisa que nortearam esta revisão sistemática. Sendo elas:

a) Quais os requisitos devem ser considerados para impermeabilização e vedação do instrumento, a ser aplicado em meio aquático?
b) Quais os desafios ou dificuldades identificadas na literatura relacionados com o uso de eletromiografia em ambiente aquático?
c) Quais os desafios ou dificuldades identificadas na literatura relacionados com a mensuração e monitorização dos parâmetros hemodinâmicos em ambiente aquático?

d) Quais os desafios ou dificuldades identificadas na literatura relacionados com o método Watsu?
e) Quais as contribuições, decorrentes do desenvolvimento do dispositivo e sua aplicação, que serão proporcionadas no processo de reabilitação?

A estratégia para a RSL, constou de 4 etapas: identificação dos estudos, seleção, elegibilidade e inclusão dos estudos (LIBERATI *et al.*, 2009; MARIANO *et al.*, 2017).

3.1.1 Identificação dos estudos

A partir das perguntas condutoras, foi realizada a criação das *strings* genéricas de busca, definição das bases de dados e o processo de gerenciamento dos estudos.

Foi realizada uma busca nas bases de dados com o intuito de identificar os termos condutores, sendo descritores e/ou palavras chaves usadas para este trabalho, apenas formadas por termos em inglês. Os quais estão dispostos na Tabela 1.

Tabela 1 – Termos de busca em pesquisa inicial

Termos de busca	
Termo referente na lingua portuguesa	**Termo similar na língua inglesa**
Hidroterapia	Hydrotherapy
Fisioterapia Aquática	Aquatic physiotherapy, aquatic therapy
Watsu	Watsu, water shiatsu
Eletromiografia	Electromyography
Tônus muscular	Muscle tone
Hemodinâmica	Hemodynamics
Parâmetros hemodinâmicos	Hemodynamics parameters

Fonte: a autora, 2020.

A estratégia de busca foi realizada nas bases de dados: ScienceDirect, Springer, Institute of Eletrical and Eletronica Engineers (IEEE), Pubmed, Scielo e através da Biblioteca Virtual em Saúde (BVS): Medline e Lilacs e pela Biblioteca Cochrane: Embase, entre os anos de 2008 e 2018.

Foram definidas *strings* de buscas genéricas, sendo elas combinadas com conector lógico AND, bem como adaptadas a cada ferramenta de busca de cada base de dados.

- H*ydrotherapy OR aquatic therapy OR watsu OR water shiatsu*
- *Electromyography OR EMG*

- *Hemodynamics OR hemodinamics parameters*

A *string* genérica adotada foi: "*hydrotherapy" OR "aquatic therapy" OR "watsu" OR "water shiatsu") AND ("electromyography" OR "EMG" OR "hemodynamics" OR "hemodinamics parameters")*. Algumas das bases de dados supracitadas, apresentam restrições e/ou modificações na pesquisa, as quais encontram-se na Tabela 2.

Tabela 2 – String adotada em cada base de busca

Base de dados	Strings
Science direct	("hydrotherapy" OR "aquatic therapy" OR "watsu" OR "water shiatsu") AND ("electromyography" OR "EMG" OR "hemodynamics" OR "hemodinamics parameters")
Springer	("hydrotherapy" OR "aquatic therapy" OR "watsu" OR "water shiatsu") AND ("electromyography" OR "EMG" OR "hemodynamics" OR "hemodinamics parameters")
Institute of Eletrical and Eletronica Engineers (IEEE)	(.QT.hydrotherapy.QT. OR .QT.aquatic therapy.QT. OR .QT.watsu".QT. OR .QT.water shiatsu.QT.) AND (.QT.electromyography.QT. OR .QT.EMG.QT.) (.QT.hydrotherapy.QT. OR .QT.aquatic therapy.QT. OR .QT.watsu".QT. OR .QT.water shiatsu.QT.) AND (.QT.hemodynamics.QT. OR .QT.hemodinamics parameters.QT.)
Pubmed	("hydrotherapy" OR "aquatic therapy" OR "watsu" OR "water shiatsu") AND ("electromyography" OR "EMG" OR "hemodynamics" OR "hemodinamics parameters")
Scielo	("hydrotherapy" OR "aquatic therapy" OR "watsu" OR "water shiatsu") AND ("electromyography" OR "EMG" OR "hemodynamics" OR "hemodinamics parameters")
Medline (BVS - Bireme)	("hydrotherapy" OR "aquatic therapy" OR "watsu" OR "water shiatsu") AND ("electromyography" OR "EMG" OR "hemodynamics" OR "hemodinamics parameters")
Lilacs (BVS - Bireme)	("hydrotherapy" OR "aquatic therapy" OR "watsu" OR "water shiatsu") AND ("electromyography" OR "EMG" OR "hemodynamics" OR "hemodinamics parameters")
Embase (Biblioteca Cochrane)	("hydrotherapy" OR "aquatic therapy" OR "watsu" OR "water shiatsu") AND ("electromyography" OR "EMG" OR "hemodynamics" OR "hemodinamics parameters")

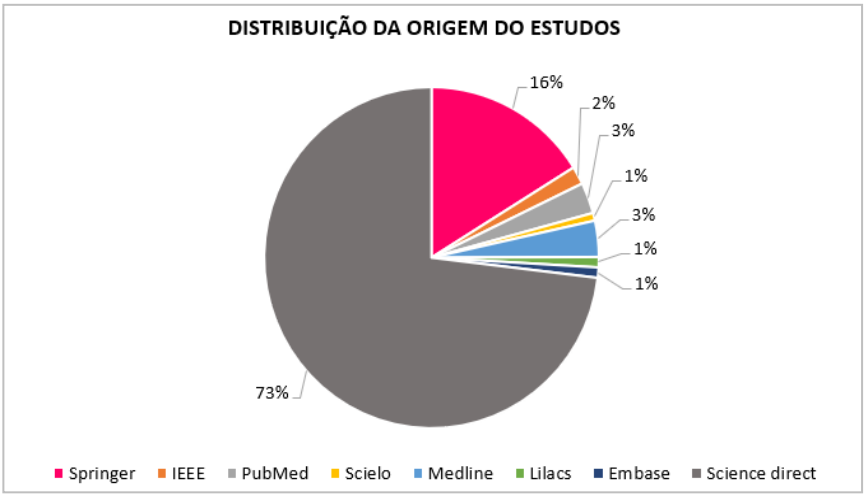
Fonte: a autora, 2020.

Foram incluídos na pesquisa, os ensaios clínicos, publicados entre os anos de 2008 a 2018, que discutissem a monitorização de parâmetros hemodinâmicos e tônus

muscular em ambiente aquático, assim como o desenvolvimento e aplicação de interfaces nesse meio. E estudos que satisfizeram o limiar mínimo de qualidade, conforme os critérios de Colaboração Cochrane, o qual avalia a qualidade metodológica (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2010; CARVALHO, 2013).

Foram excluídos os ensaios clínicos que tiveram como intervenção a talassoterapia, balneologia, e outras intervenções que atribuíssem algo no meio aquático que pudesse alterar suas propriedades físicas, e estudos em que o tipo de desfecho clínico não fosse o sugerido pelo mesmo. Após a identificação dos artigos compreendidos entre 2008 e 2018 (Figura 3), foi realizada uma filtragem inicial de acordo com os idiomas: português e inglês. Totalizando 409 publicações, conforme a Tabela 3.

Figura 3 – Distribuição da origem dos estudos



Fonte: a autora, 2020.

Tabela 3 – Bases utilizadas na revisão sistemática

Base de dados	Nº
Science Direct	299
Springer	66
IEEE	7
Pubmed	12
Scielo	3
Medline (via Bireme)	14
Lilacs (via Bireme)	4
Embase (via Biblioteca Cochrane)	4
Total:	**409**

Fonte: a autora, 2020.

Para o gerenciamento e análise dos estudos, se fez necessário a utilização do *software EndNote* X9® (ANALYTICS, 2018). O qual auxiliou na triagem dos estudos, para remoção das duplicatas e remoção de estudos sem informações dos autores. Os metadados das publicações foram baixados e com o auxílio do *software* supracitado e após a triagem inicial, restaram 363 estudos.

3.1.2 Seleção

A partir desses achados, foi feita a filtragem nos títulos e resumos através do gerenciador supracitado, o qual realizou a busca utilizando os termos contidos na *string* genérica. A filtragem por título e resumo excluiu: títulos e resumos não correlacionados com os questionamentos de pesquisa; artigos em que não fosse possível obter o arquivo na íntegra; artigos de conferências e estudos realizados com animais. No fim do processo obteve-se um total de 14 artigos. Posteriormente foi realizada a leitura da introdução e conclusão, caso a pesquisa fosse condizente com os critérios de elegibilidade, fez-se a leitura na integra da mesma.

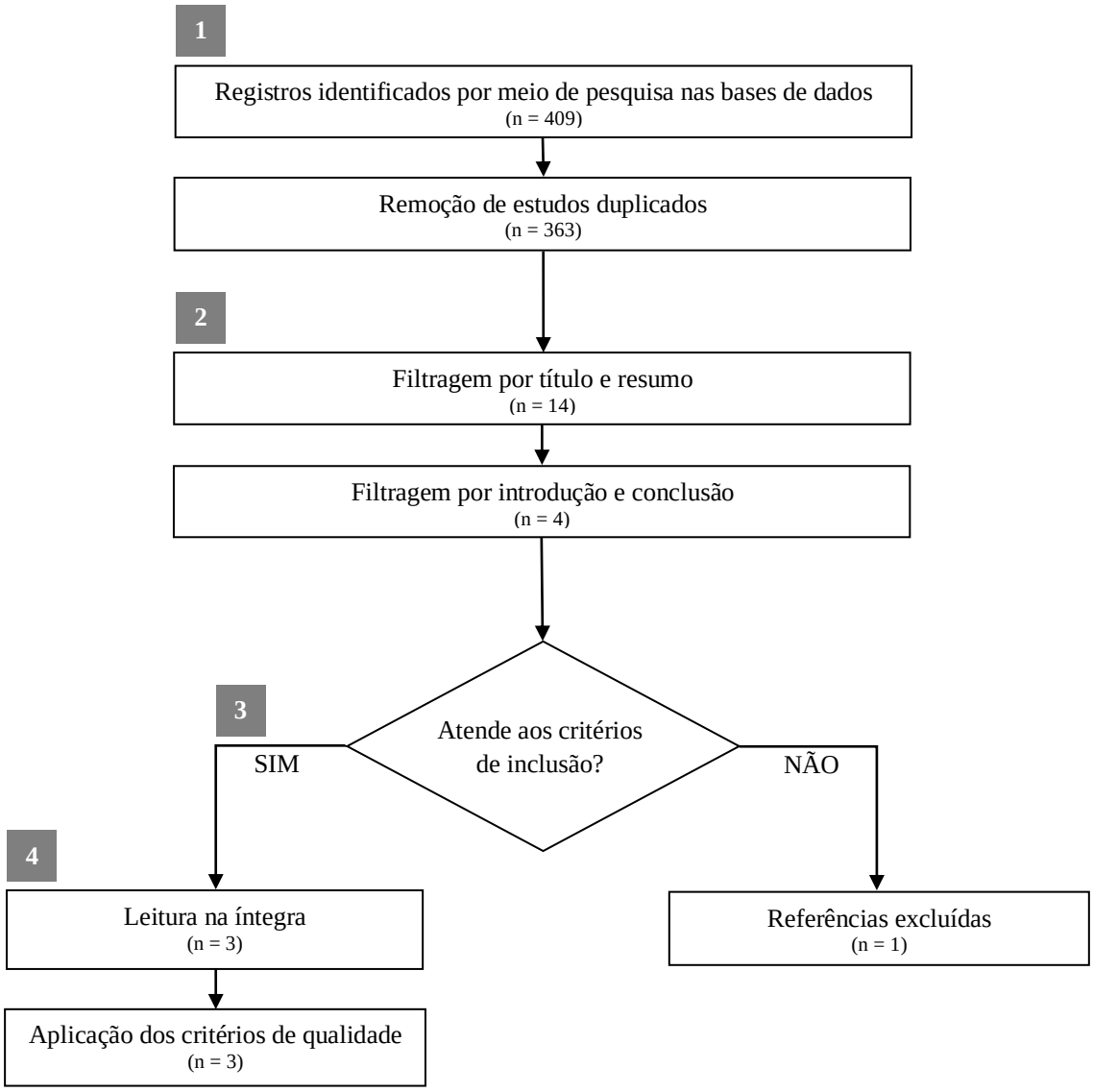
3.1.3 Elegibilidade

Foram eleitos os estudos que estivessem em conformidade com a temática e as questões condutoras da RSL.

3.1.4 Inclusão

Foram incluídos 3 estudos que satisfizeram os critérios de elegibilidade, conforme demonstrado no fluxograma da Figura 4 e na Tabela 4 elaborados.

Figura 4 – Fluxograma das estratégias para a revisão sistemática



1 – Identificação dos estudos; 2 – Seleção; 3 – Elegibilidade; 4 – Inclusão.

Fonte: a autora, 2020.

Tabela 4 – Estudos incluídos na revisão sistemática

Autor/ano	Título	Amostra	Intervenção	Limitações	Desfecho
Spolaor *et al.*, 2017	Surface EMG analysis in Parkinson disease patients before and after underwater gait training	20 indivíduos divididos em grupo controle (GC) com indivíduos saudáveis (65,5 anos ± 7) e grupo intervenção (GI), indivíduos com doença de Parkinson (71 anos ± 6).	Objetivou avaliar as melhorias na ativação muscular em pacientes com doença de Parkinson, após um programa de hidroterapia. Foi captada a atividade eletromiográfica de 8 músculos de membro inferior: reto femoral, tibial anterior, bíceps femoral e gastrocnêmio.	O estudo não menciona aleatorização ou cegamento. Assim como não houve detalhamento da impermeabilização para aquisição do sinal.	Os autores observaram que a hidroterapia apresenta efeitos positivos na ativação muscular em pacientes com doença de Parkinson.
Caminiti *et al.*, 2011	Hydrotherapy added to endurance training versus endurance training alone in elderly patients with chronic heart failure: A randomized pilot study	21 pacientes idosos do sexo masculino (68 anos ± 7), com insuficiência cardíaca crônica (ICC) foram inscritos. 11 pacientes foram randomizados para o grupo de treinamento combinado, hidroterapia e treinamento de resistência.	Tratou-se de um estudo randomizado aberto, o qual objetivou avaliar se a hidroterapia adicionada ao treinamento de resistências é mais eficaz do que o treinamento de resistência apenas, para melhoria a tolerância ao exercício. Foi seguido um programa de exercícios em ambiente terrestre e aquático. Os voluntários realizaram avaliações para percepção do esforço e dispneia, e foram averiguados os parâmetros hemodinâmicos no início e final do estudo, em terra e em imersão.	Apresentou limitações por conter apenas pacientes do sexo masculino, assim como o estudo piloto com um tamanho pequeno da amostra. Os autores relatam que apesar dos esforços, não é possivel afirmar que houve equilíbrio na quantidade de exercícios entre os grupos e que os resultados foram relacionados a um nível mais alto de treinamento no grupo combinado.	Os autores concluíram que a associação da hidroterapia com o treinamento de resistência parece ser mais eficaz do que o treinamento de resistência apenas, para melhorar o perfil hemodinâmico e a tolerância ao exercício de pacientes do sexo masculino com ICC moderado. Apresentando resultados promissores, apesar da curta duração e a grande magnitude da melhoria na aptidão cardiovascular observada.

(continua)

(conclusão)

Autor/ano	Título	Amostra	Intervenção	Limitações	Desfecho
Castillo-Lozano e Cuesta-Vargas, 2013	A comparison land-water environment of maximal voluntary isometric contraction during manual muscle testing through surface electromyography	8 homens e 8 mulheres saudáveis e destros, com idade média de 26,06 anos ± 4,48.	Objetivou comparar através de registros eletromiográficos a contração voluntária máxima (CVM) em ambiente terrestre e aquático mediante teste muscular manual (TMM). Participaram da medição os músculos do ombro direito, tais como: eretores da coluna cervical, trapézio, peitoral, deltóide anterior e médio, infraespinhal, e grande e latíssimo do dorso. As condições do teste de CVM foram aleatórias em relação a ordem em terra e na água. Os eletrodos foram alocados através do Protocolo SENIAM e aplicação de spray adesivo para impermeabilização.	Em virtude do TMM, pode ter ocorrido uma variação na resistência fornecida aos membros. Os autores também mencionam que a temperatura da água poderia ter afetado as gravações de EMG. Entretanto, a temperatura da água foi se 29–30ºC, o que reduziu a probabilidade de que a temperatura distorça o sinal EMG. As medições, aplicação e procedimento pela CVM e EMG nos dois ambientes são consideradas fracas, pois a amostra foi heterogênea. Além da medição na água, em virtude da flutuação, é mais complexa. Não houve detalhamento da impermeabilização para aquisição do sinal.	Evidenciaram a dificuldade da reprodutibilidade, em virtude de fatores endógenos e exógenos ao participante e ao pesquisador. No entanto, com a metodologia utilizada na pesquisa e sua análise, pode-se observar que a adoção de protocolos de testes descritos, assim como a impermeabilização, a qual impediu a passagem de água entre o eletrodo e a pele, foi efetiva e permitiu a comparação em ambiente terrestre e aquático. Os valores da CVM com EMG foram alcançados em terra e água, e a integridade dos registros foi mantida durante a imersão.

Fonte: Spolaor *et al.*, 2017 , Caminiti *et al.*, 2011, Castillo-Lozano e Cuesta-Vargas, 2013, a autora, 2020.

Nos estudos selecionados, foi aplicada a Ferramenta Cochrane pela autora (Tabela 5) para avaliação de risco de viés em ensaios clínicos randomizados. A ferramenta Cochrane, avalia o risco de viés em ensaios clínicos. Nessa ferramenta encontram-se simbologias (+, -, ?), as quais representam o baixo risco de viés, alto risco e quanto a incerteza nos aspectos avaliados, respectivamente.

Tabela 5 – Ferramenta Cochrane para avaliação de risco de viés

	Spolaor *et al*., 2017	**Castillo-Lozano e Cuesta Vargas, 2013**	**Caminiti *et al*., 2011**
Critérios			
Randomização	?	+	+
Sigilo de alocação	?	?	?
Cegamento dos participantes e profissionais	?	?	?
Cegamento dos avaliadores do desfecho	?	?	?
Desfecho incompleto	+	+	+
Relato de desfecho seletivo	-	+	+
Outras fontes de viés	-	-	-
Intenção de tratar	+	+	+

+ Baixo risco de viés
- Alto risco de viés
? Incerto

Fonte: a autora, 2020.

A pontuação de PEDro (SHIWA, et al., 2011) foi utilizada para qualificar e quantificar os estudos (Tabela 6). A escala de PEDro determina os itens cumpridos ou não em estudo clínico, e assim há uma pontuação na qual classifica os estudos ao final dessa revisão sistemática, tal pontuação final pode variar de 0 a 10 pontos e é dada por meio da soma do número de critérios que foram classificados como satisfatórios entre os critérios 2 ao 11. O primeiro critério não é pontuado por tratar-se de um item de validade externa do estudo.

Tabela 6 – Escala de PEDro

	Critérios	Spolaor *et al.*, 2017	Castillo-Lozano e Cuesta-Vargas, 2013	Caminiti *et al.*, 2011
1.	Os critérios de elegibilidade foram especificados	Sim	Sim	Sim
2.	Os sujeitos foram aleatoriamente distribuídos por grupos (num estudo cruzado, os sujeitos foram colocados em grupos de forma aleatória de acordo com o tratamento recebido)	Não	Sim	Sim
3.	A alocação dos sujeitos foi secreta	Não	Não	Não
4.	Inicialmente, os grupos eram semelhantes no que diz respeito aos indicadores de prognóstico mais importantes	Sim	Sim	Sim
5.	Todos os sujeitos participaram de forma cega no estudo	Não	Não	Não
6.	Todos os terapeutas que administraram a terapia fizeram-no de forma cega	-	-	-
7.	Todos os avaliadores que mediram pelo menos um resultado-chave, fizeram-no de forma cega	-	-	-
8.	Mensurações de pelo menos um resultado-chave foram obtidas em mais de 85% dos sujeitos inicialmente distribuídos pelos grupos	Não	Não	Não
9.	Todos os sujeitos a partir dos quais se apresentaram mensurações de resultados receberam o tratamento ou a condição de controle conforme a alocação ou, quando não foi esse o caso, fez-se a análise dos dados para pelo menos um dos resultados-chave por "intenção de tratamento"	Sim	Sim	Sim
10.	Os resultados das comparações estatísticas inter-grupos foram descritos para pelo menos um resultado-chave	Sim	Sim	Sim
11.	O estudo apresenta tanto medidas de precisão como medidas de variabilidade para pelo menos um resultado-chave	Sim	Sim	Sim
	Pontuação:	**05**	**06**	**06**

Fonte: Adaptação da escala de PEDro, a autora, 2020.

3.2 ANÁLISE E DISCUSSÃO

Dos 409 estudos encontrados, após a filtragem, dos estudos que se enquadraram, o estudo de Spolaor *et al.*, 2017, demonstrou maior risco de viés. O mesmo apresentou incertezas quanto o processo de randomização, dúvidas sobre como a aleatorização foi feita, sobre sigilo de alocação, cegamento de participantes e/ou avaliadores, apresentando assim falha metodológica. No que refere ao desfecho seletivo apresentou um alto risco de viés, o que pode ser decorrido pela não especificação dos desfechos primários.

Sobre os estudos de Castillo-Lozano e Cuesta-Vargas, 2013 e Caminiti *et al.*, 2011, os mesmos apresentaram similaridade quanto a avaliação dos vieses. Houve detalhamento dos desfechos em concordância como o que foi inicialmente proposto e sobre a randomização, o que permitiu uma amostra similar.

Utilizando os critérios de qualificação e quantificação da escala de PEDro, foi constatado que o estudo de Castillo-Lozano e Cuesta-Vargas, 2013 e Caminiti *et al.*, 2011, obteve um escore maior. O estudo de Caminiti *et al.*, 2011, apresenta déficit no quesito replicabilidade e na abordagem da questão a ser estudada, o que pode ter levado a não percepção e explanação de falhas no estudo pelos autores.

Em concordância com o critério de avaliação de viés da ferramente Cochrane, o estudo de Spolaor *et al.*, 2017, obteve o resultado mais desfavorável nessa classificação. Corroborando em especial nas limitações do estudo, apresentando falhas na metodologia.

Após análise dos estudos selecionados, não houve estudos que abordasse a temática do método Watsu. No processo de triagem inicial, os estudos encontrados apresentavam carência no que se refere a estudos clínicos e outra maior na questão da randomização. Há falhas metodológicas que dificultam a compreensão do leitor, no entanto, embora não incluídos nessa RSL, é possível observar que há diminuição dos quadros álgicos nos estudos encontrados, os quais possuem o mesmo objetivo como desfecho. Em relação os parâmetros hemodinâmicos em decorrência das propriedades da água, contatou-se alterações na frequência cardíaca quando indivíduo em imersão.

No que se refere a eletromiografia, verificou-se uma ferramenta usual para avaliação da atividade elétrica muscular, entretanto seu uso em meio aquático é incipiente, talvez em decorrência da dificuldade na impermeabilização e vedação, que favoreçam para uma boa aquisição do sinal mioelétrico.

Diante das perguntas condutoras, o estudo de Spolaor *et al.* em 2017, tratou de uma análise de EMG em pacientes com a doença de Parkinson antes e depois de um treinamento em água. Os músculos avaliados dos membros inferiores foram: reto femoral, tibial anterior, bíceps femoral e gastrocnêmio. Os autores observaram que a interveção em solo e em ambiente aquático, em todos os músculos analisados não houve diferença significativa quanto ao padrão de ativação muscular entre o membo direito e esquerdo. Evidenciou-se que o pico de ativação foi atrasado após a hidroterapia em

relação a análise anterior a hidroterapia. E ao comparar o pré e o pós hidroterapia houve uma maior ativação dos músculos, com excessão do gastrocnêmio.

Nesse estudo, os autores relatam que os eletrodos utilizados tinham 3cm de diâmetros e foram posicionados a 1cm de distância. Entretanto, há dificuldade no entendimento da metodologia utilizada no que refere ao ambiente aquático.

Já em estudo de Castillo-Lozano e Custa-Vargas, 2013, os autores relatam a importância da preparação da pele e a vedação e impermeabilização do sistema. O qual foi previamente validado através de um estudo piloto. No estudo piloto, evidenciou que o sinal seja idêntico em ambos os ambientes. A pesquisa ainda afirma que a temperatura da água pode afetar as gravações de EMG, alterações essas que não permitiam que os indivíduos sofressem impactos negativos.

Para vedação impermeabilização, os autores supracitados utilizaram spray e adesivo comercialmente vendido como impermeável. Os mesmos demonstraram que essa impermeabilização foi importante para evitar interferências.

Os eletrodos utilizados apresentavam 5mm de diâmetro e foram separados de 1-3cm do músculo de acordo com o protocolo Seniam (SENIAM, 2018). Os músculos avaliados foram: eretor espinal cervical, trapézio superior, peitoral maior, deltoide anterior, deltoide médio, infraespinal e grande dorsal.

Dos estudos restantes, apenas o de Caminiti *et al.*, 2011 aborda a questão hemodinâmica mediante a imersão. O estudo relata sobre a hidroterapia ao treinamento de resistência em pacientes com insuficiência cardíaca crônica. Evidenciou que apesar dos benefícios, não há consenso sobre a indicação da terapia aquática para pacientes com cardiopatia. Sugerindo pesquisas com foco nos efeitos cardiovasculares.

Na presente revisão sistemática, sobre a EMG em ambiente aquático houve a precariedade quanto as informações na vedação e impermeabilização do sistema a ser colocado em ambiente aquático. Sobre os parâmetros hemodinâmicos, na presente pesquisa não foi constatada a presença de uma monitorização, e sim aquisição de tais parâmetros. E correlacionando as temáticas, foi evidente a precariedade de publicações acerca do método Watsu.

Houve limitação na presente revisão sistemática, em virtude de a busca dos dados ser analisada por apenas uma pesquisadora. Entretanto, com base nas informações obtidas nos estudos elegíveis da RSL, o escopo do trabalho foi definido. O desenvolvimento de dispositivo para monitorização de parâmetros hemodinâmicos e

eletromiográficos, mediante uma aplicação com o método Watsu. Com o intuito de futuramente ser utilizado em pesquisas clínicas.

4 METODOLOGIA

Este capítulo é dedicado ao detalhamento metodológico do estudo, fundamentais para a obtenção dos resultados desta pesquisa.

4.1 DESENHO E LOCAL DO ESTUDO

Trata-se de um estudo de desenvolvimento, seguido de testes de validação e funcionamento. O estudo foi composto de cinco etapas: estudo piloto; desenvolvimento do instrumento; proteção e impermeabilização do instrumento; aplicação e validação; e análise dos dados.

O estudo piloto e o desenvolvimento do instrumento foram realizados no Laboratório Interface Homem-Máquina (LIHOM), através do Grupo de Pesquisa em Engenharia Biomédica (GPEB) da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Recife-PE. O GPEB é constituído por docentes, alunos de mestrado, doutorado e de iniciação científica, o qual visa a integração e atuação multidisciplinar.

Para a proteção e impermeabilização do sistema, foram realizados testes no LIHOM e em piscina térmica. A etapa subsequente, a aplicação e validação do instrumento, foi realizada através de um estudo transversal mediante a aplicação de uma sessão com o método Watsu, em clínica especializada de Fisioterapia, na cidade de Recife/PE.

A referida clínica presta assistência fisioterapêutica nas diversas áreas de atuação da fisioterapia, sendo referência quando se refere a Fisioterapia Aquática e método Watsu, além de ofertar cursos de extensão e pós-graduação na área. O método Watsu foi aplicado por fisioterapeuta com formação internacional e completa no método, em piscina com 5,5m de largura, 11m de comprimento e de 1,35m a 1,55m de profundidade com barras paralelas e rampa de acesso. Sua temperatura média variou de 32 a 33 graus Celsius.

A última etapa da pesquisa constou da análise descritiva da amostra, foi possível a identificação da diminuição do tônus muscular durante determinados manuseios e o monitoramento de parâmetros hemodinâmicos de cada voluntário da etapa de aplicação e validação do instrumento.

4.2 ASPECTOS ÉTICOS

A presente pesquisa seguiu os termos preconizados pelo Conselho Nacional de Saúde, portaria 466/2012, para a pesquisa em seres humano. Foi submetida ao Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Universidade Federal de Pernambuco, obteve aprovação do comitê mediante parecer número: 3.207.182 e sob CAAE: 03413118.0.0000.5208. Os dados foram coletados mediante a aprovação do CEP, durante a realização do Mestrado em Engenharia Biomédica.

4.3 POPULAÇÃO DO ESTUDO

A população do estudo foi composta por indivíduos com a presença de dor em nível lombar que se enquadraram nos critérios de elegibilidade.

4.4 CRITÉRIOS DE ELEGIBILIDADE

Os critérios para elegibilidade do estudo estão descritos a seguir.

4.4.1 Critérios de inclusão

- Ambos os sexos;
- Idade igual ou superior a 18 anos e até 65 anos;
- Histórico de dor lombar, superior a 6 meses.

4.4.2 Critérios de exclusão

- Hipertensão arterial sistêmica grave/descontrolada;
- Déficit motor, visual ou cognitivo com grau de limitação severo, atestado por um médico especialista;
- Comprometimento respiratório grave, atestado por um médico especialista;
- Doença renal;
- Infecção urinária;

- Afecções cutâneas que obtenham contraindicação para o uso de piscina;
- Otites de repetição;
- Em uso relaxantes musculares de forma contínua;
- Histórico de fraturas, lesões ou procedimentos cirúrgicos em coluna vertebral;
- Deformidades posturais que limitem os manuseios do método;
- Distúrbios vestibulares e/ou cerebelares.

4.5 AMOSTRAGEM

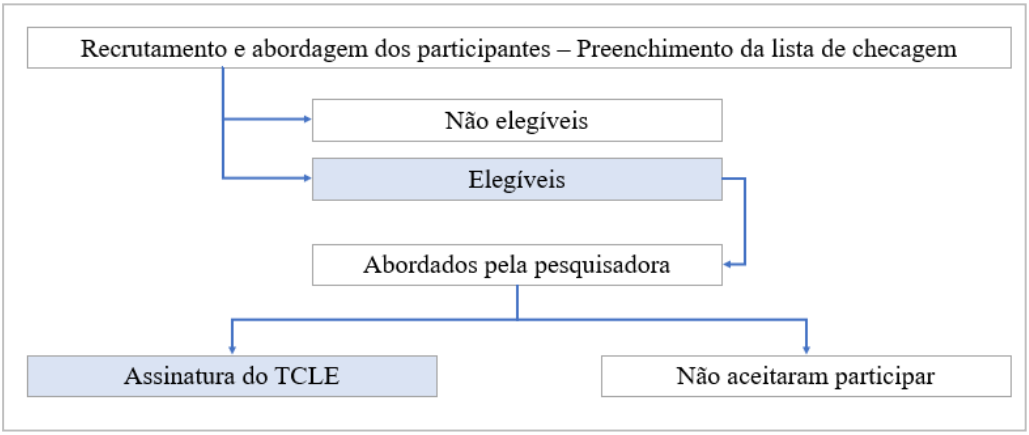
A amostra foi obtida por conveniência, constituída de homens e mulheres elegíveis recrutados no período de coleta de dados. O número de voluntários da pesquisa serviu para validar os aspectos funcionais do equipamento.

4.6 PROCEDIMENTOS PARA SELEÇÃO E ALOCAÇÃO DOS PARTICIPANTES

Para o recrutamento dos voluntários, a pesquisa foi divulgada através das redes sociais e impressos em clínica especializada em Recife-PE. A abordagem dos participantes foi realizada pela pesquisadora na referida clínica. A etapa seguinte consistiu na verificação dos indivíduos que se enquadravam na população do estudo, através do preenchimento da lista de checagem (Apêndice A).

Após a identificação dos elegíveis, os mesmos foram informados sobre os objetivos da pesquisa e que a participação seria de forma voluntaria, sem nenhum prejuízo em caso de desistência. Em seguida, foram convidados a participar do estudo e após a aceitação e assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (Apêndice B) e da assinatura do termo de confidencialidade pela autora (Apêndice C), iniciou-se o procedimento da coleta de dados (Figura 5).

Figura 5 – Procedimentos para seleção

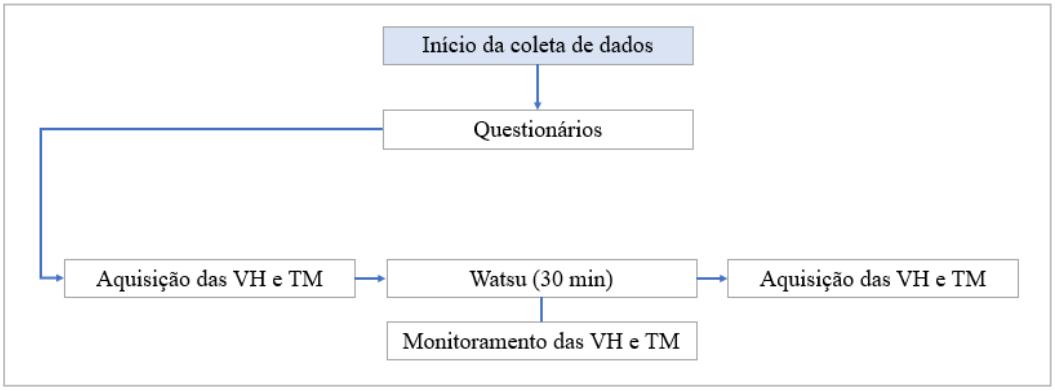


Fonte: a autora, 2020.

4.7 PROCEDIMENTOS PARA A COLETA DE DADOS

Inicialmente, um questionário contendo questões socioeconômicas e demográficas (Apêndice D) e questionários pertinentes a dor foram aplicados (Anexos A, B e C). Em outro momento, realizou-se a verificação das variáveis hemodinâmicas, saturação de oxigênio e frequência cardíaca, e do tônus muscular dos indivíduos com auxílio dos instrumentos desenvolvidos e adaptados, em repouso e em imersão a nível de processo xifóide, antes e após a intervenção. Bem como a monitorização durante o manuseio com o método Watsu, conforme demonstra a Figura 6. Os dados foram coletados pela pesquisadora.

Figura 6 – Procedimentos para a coleta de dados



VH – variáveis hemodinâmicas; TM – tônus muscular.

Fonte: a autora, 2020.

4.8 CRITÉRIOS PARA DESCONTINUAÇÃO DO PARTICIPANTE

Recusa do voluntário em continuar no estudo.

4.9 INSTRUMENTOS DE TRIAGEM

Os instrumentos utilizados na triagem dos indivíduos foram: lista de checagem; questionário socioeconômico e demográfico; questionários de Roland e Morris; questionário de McGill; e Escala Visual Analógica (EVA).

Na lista de checagem, as informações relacionadas aos critérios de elegibilidade (Apêndices A). No questionário socioeconômico e demográfico (Apêndices D), constou de questões pertinentes a identificação de sexo, escolaridade, antecedentes pessoais, escolaridade, renda, medicações, entre outras informações.

Os questionários específicos para dor lombar de Roland Morris e o de McGill, são relacionados as características da dor. Auxiliam na identificação e quantificação do quadro álgico (Anexos A e B) (PIMENTA E TEIXEIRA, 1996; SANTOS *et al.*, 2006; SARDÁ JÚNIOR E NICHOLAS, 2010; MARTINEZ, GRASSI E MARQUES, 2011). Já a EVA é uma ferramenta simples e de fácil entendimento para indicação do nível da dor (Anexo C) (MARTINEZ, 2011).

4.10 INSTRUMENTOS ELETRÔNICOS

Para o desenvolvimento do instrumento de eletromiografia subaquático, foi necessário um estudo piloto. Houve a confecção de um instrumento para a aquisição do sinal de eletromiografia, para averiguar as faixas de frequências dos músculos pretendidos e assim, posteriormente desenvolver o EMG para o ambiente aquático.

Após conclusão do estudo piloto e descoberta das frequências de ativação muscular, foi desenvolvido o protótipo contendo o EMG subaquático. Concomitantemente, desenvolveu-se também o dispositivo para mensuração de parâmetros hemodinâmicos, a ferramenta para aquisição em tempo real da frequência cardíaca e saturação de oxigênio.

4.11 PISCINA

A piscina térmica e terapêutica, se refere ao ambiente onde são realizadas atividades aquáticas previamente planejadas e executadas por um fisioterapeuta. Nela, o fisioterapeuta associa os efeitos da imersão e propriedades físicas da água em favor do indivíduo. Dentre as propriedades, destaca-se a temperatura, que poderá inferir diretamente no relaxamento muscular e diminuição do quadro álgico. E a depender da técnica e manuseio, poderá variar a temperatura média para adequação as necessidades do indivíduo.

O ambiente ao qual a piscina está inserida, deve apresentar segurança, conforto e funcionalidade. Além de obedecer a padrões de acessibilidade e estrutura para atender as diversidades de biotipos, deficiências e as afecções que possam existir nos indivíduos.

A intervenção com o método Watsu foi realizada em piscina de clínica especializada, a qual obedece aos padrões exigidos, ofertando segurança ao voluntário.

5 ESTUDO PILOTO

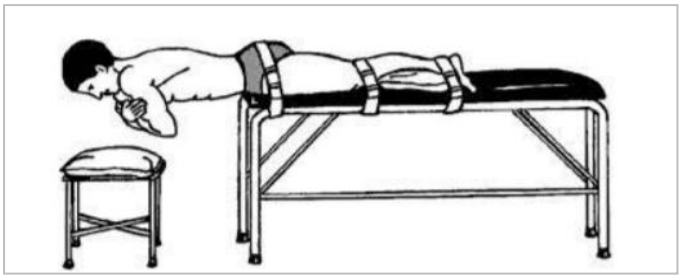
Para descoberta da faixa de frequência de ativação muscular, e assim elaborar o eletromiógrafo subaquático, foi necessário a realização de um estudo piloto com indivíduos saudáveis, distintos e sem dor crônica em região de coluna vertebral. Os músculos escolhidos foram o dorsal longo – porção torácica e o íliocostal lombar, ambos eretores da coluna e responsáveis também pela inclinação lateral.

Inicialmente, foi realizada a divulgação do estudo entre os estudantes da UFPE e através das redes sociais. Após contato inicial, foi feita a triagem dos voluntários. Os indivíduos foram selecionados caso não apresentassem: histórico de dor em coluna vertebral nos últimos 3 meses; histórico de dor crônica na região; fraturas e/ou traumas na região; procedimento cirúrgicos em coluna vertebral; uso de medicamentos que promovessem o relaxamento muscular.

Participaram do estudo piloto 10 indivíduos de diferentes composições corporais, os quais responderam o questionário socioeconômico e demográfico (Apêndice D). Desses, 5 homens e 5 mulheres, aceitaram participar do estudo piloto mediante assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Apêndice B).

Foi solicitado ao participante do estudo piloto que o mesmo realizasse uma extensão de tronco conforme o teste de Sorensen, no qual se faz necessário a fixação adequada a mesa e a manutenção da contração muscular ao atingir a posição horizontal ao solo (Figura 7) (LIRA, 2015).

Figura 7 – Posicionamento final para o teste de Sorensen



Fonte: Lira, 2015.

O teste foi realizado com o indivíduo em decúbito ventral em uma maca portátil e com uso de cintos para segurança e estabilidade de demais segmentos, conforme

demonstrado em ilustração na Figura 7 (BARBOSA E GONÇALVES, 2013; LIRA, 2015).

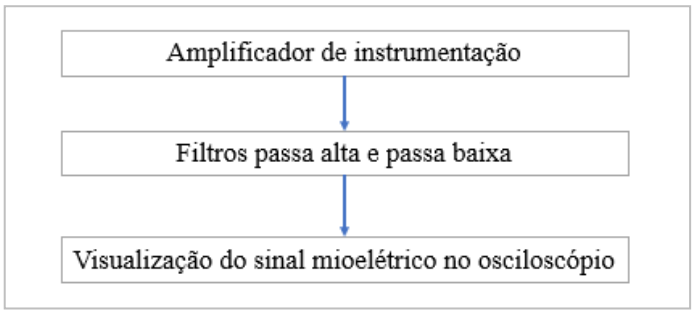
Verificou-se a atividade mioelétrica dos músculos dorsal longo e íliocostal lombar, através das contrações isométricas, assim como o sinal em repouso, no intuito de identificar a faixa de atuação dos músculos eretores para o desenvolvimento de filtros do sistema de aquisição do sinal de EMG, pois para cada grupo muscular é necessário avaliar a frequência de ativação.

Para aquisição da atividade elétrica muscular no estudo piloto, foi confeccionado um hardware para aquisição do sinal de EMG dos músculos supracitados. A captação do sinal é realizada através de eletrodos posicionados em pontos estratégicos dos músculos e esse sinal é submetido a um amplificador de instrumentação para eliminar artefatos comuns aos eletrodos.

No circuito utilizado no teste piloto, utilizou-se na cadeia de aquisição um filtro passa-alta com frequência de corte em 0,95 Hz, com a finalidade de eliminar o *offset* indesejado e possíveis artefatos de baixa frequência. Em seguida, há a implementação de um filtro passa-baixa com frequência de corte em 1.040 Hz, esse filtro elimina os sinais e ruídos de alta frequência, mantendo apenas as frequências correspondentes a possível faixa da atividade elétrica dos músculos.

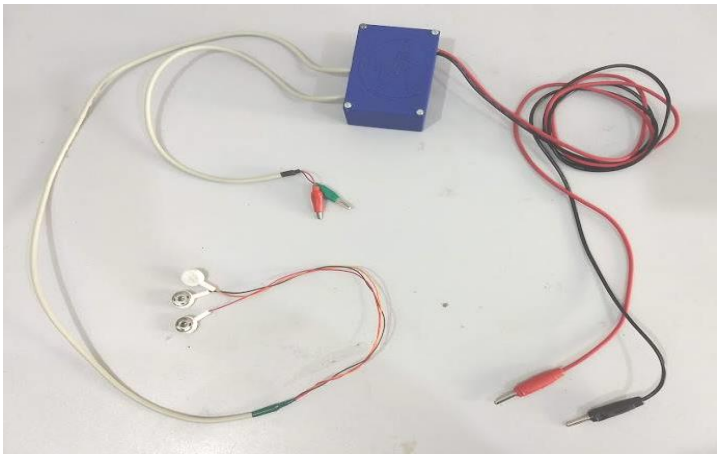
Durante a aquisição do sinal eletromiográfico, o dispositivo manteve-se interligado a um osciloscópio Keysight Technologies® DSOX2012A de 100MHz para visualização da atividade muscular como demonstrado no esquemático da Figura 8. O sistema foi armazenado em uma caixa protetora feita com impressão 3D (Figura 9). O dispositivo constou de um regulador de tensão de 5V e foi alimentado por uma bateria de 9V.

Figura 8 – Esquemático do hardware do estudo piloto



Fonte: a autora, 2020.

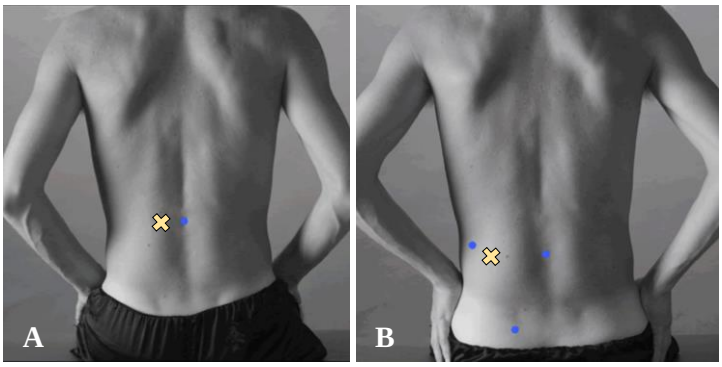
Figura 9 – Instrumento desenvolvido para o estudo piloto



Fonte: a autora, 2020.

A alocação dos eletrodos de superfície seguiu os preceitos da *Surface Electromyography for the non-invasive Assessment of Muscles* (SENIAM) (HERMENS *et al.*, 2000; SENIAM, 2018), como ilustrados na Figura 10. Os eletrodos foram posicionados no ventre muscular.

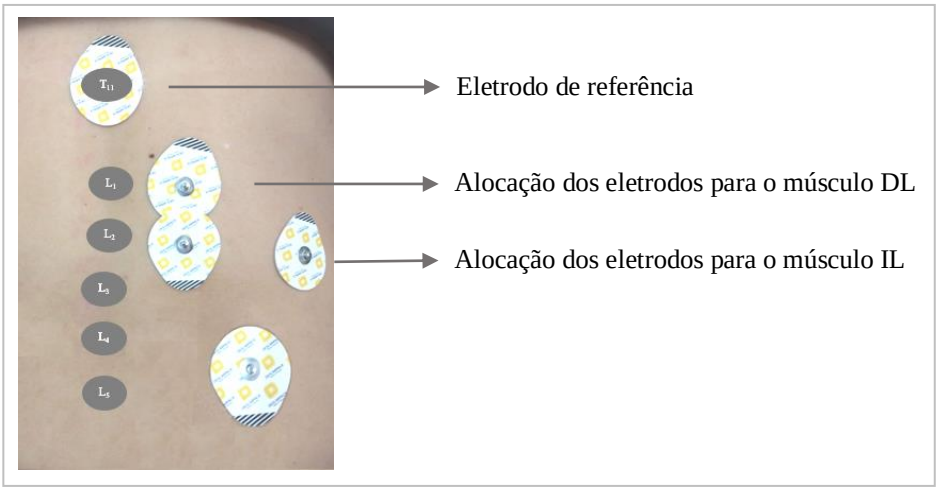
Figura 10 – Alocação dos eletrodos para os músculos dorsal longo (A) e íliocostal lombar (B), conforme os preceitos do SENIAM



Fonte: Seniam, 2018.

Como referência para localização do ventre muscular e alocação dos eletrodos, para o músculo dorsal longo, os eletrodos foram fixados em aproximadamente 2 cm do processo espinhal da primeira vértebra lombar. E para o músculo íliocostal lombar, usou-se como referência a linha média da espinha ilíaca póstero-superior (EIPS) até o ponto mais baixo da última costela, equidistante do processo espinhoso da vértebra em aproximadamente 5 cm (Figura 11).

Figura 11 – Referências para alocação dos eletrodos e posicionamento dos mesmos para os músculos dorsal longo e íliocostal lombar em estudo piloto



T_{11} – 11ª vértebra torácica; L_1 – 1ª vértebra lombar; L_2 – 2ª vértebra lombar; L_3 – 3ª vértebra lombar; L_4 – 4ª vértebra lombar; L_5 – 5ª vértebra lombar; EIPS – Espinha ilíaca póstero-superior; DL – Dorsal longo; IL – Íliocostal lombar.

Fonte: a autora, 2020.

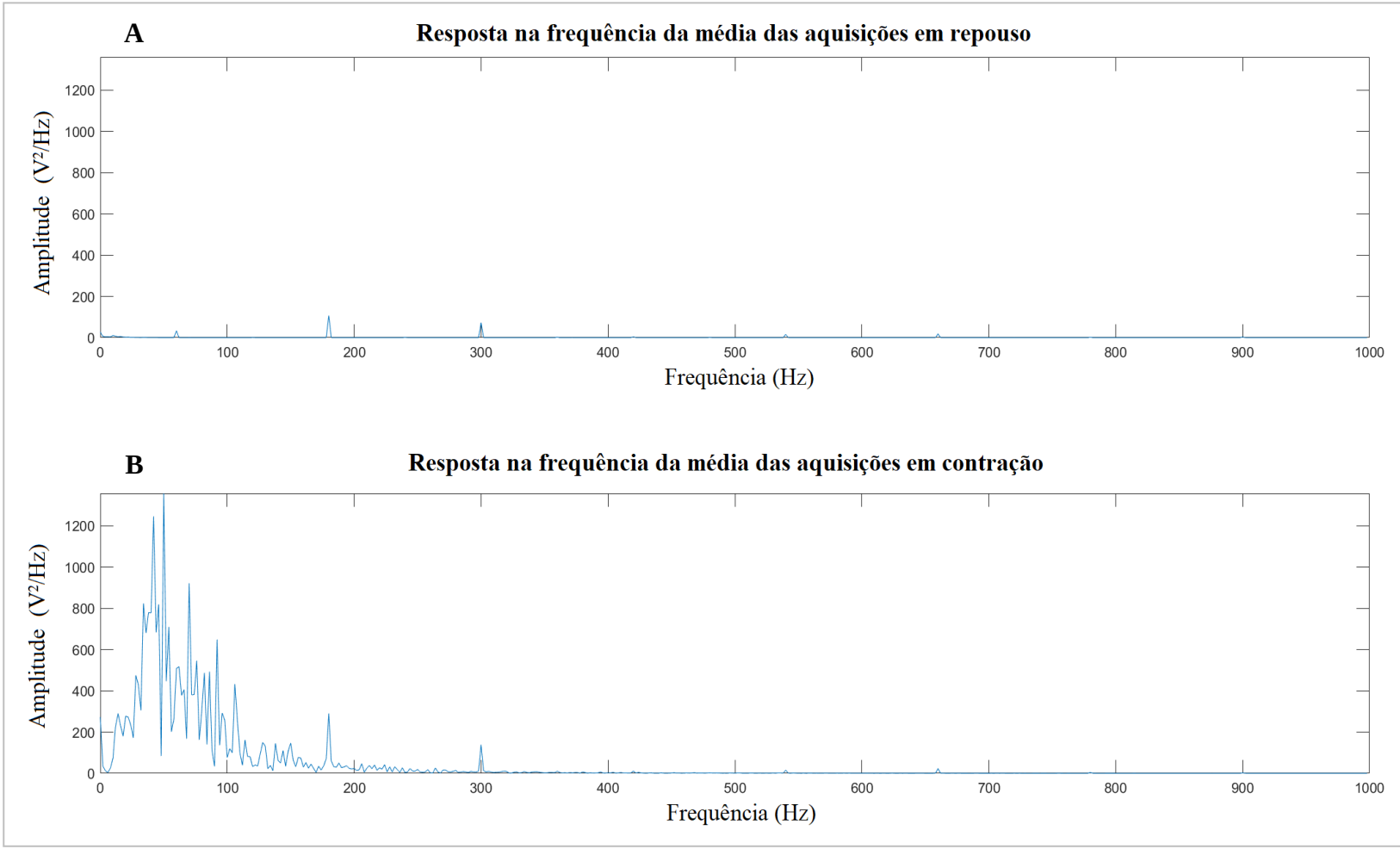
Para colocação dos eletrodos de superfície, realizou a limpeza da pele com álcool a 70%, sendo esse o procedimento padrão para minimizar a resistência elétrica da pele e obter uma boa aquisição do sinal eletromiográfico.

Após fixação dos eletrodos no participante voluntário, solicitou-se que o mesmo realizasse o teste de Sorensen, com manutenção da contração por 5 segundos, sendo assim, feita a captação da atividade elétrica muscular. Foram obtidas 3 contrações isométricas, e entre as contrações houve repouso de 2 minutos.

Realizou-se a aquisição dos sinais eletromiográficos dos músculos dorsal longo e íliocostal lombar do hemicorpo direito. Os dados foram salvos em um dispositivo de armazenamento e transferidos para um computador, o qual constava de um software de processamento de dados.

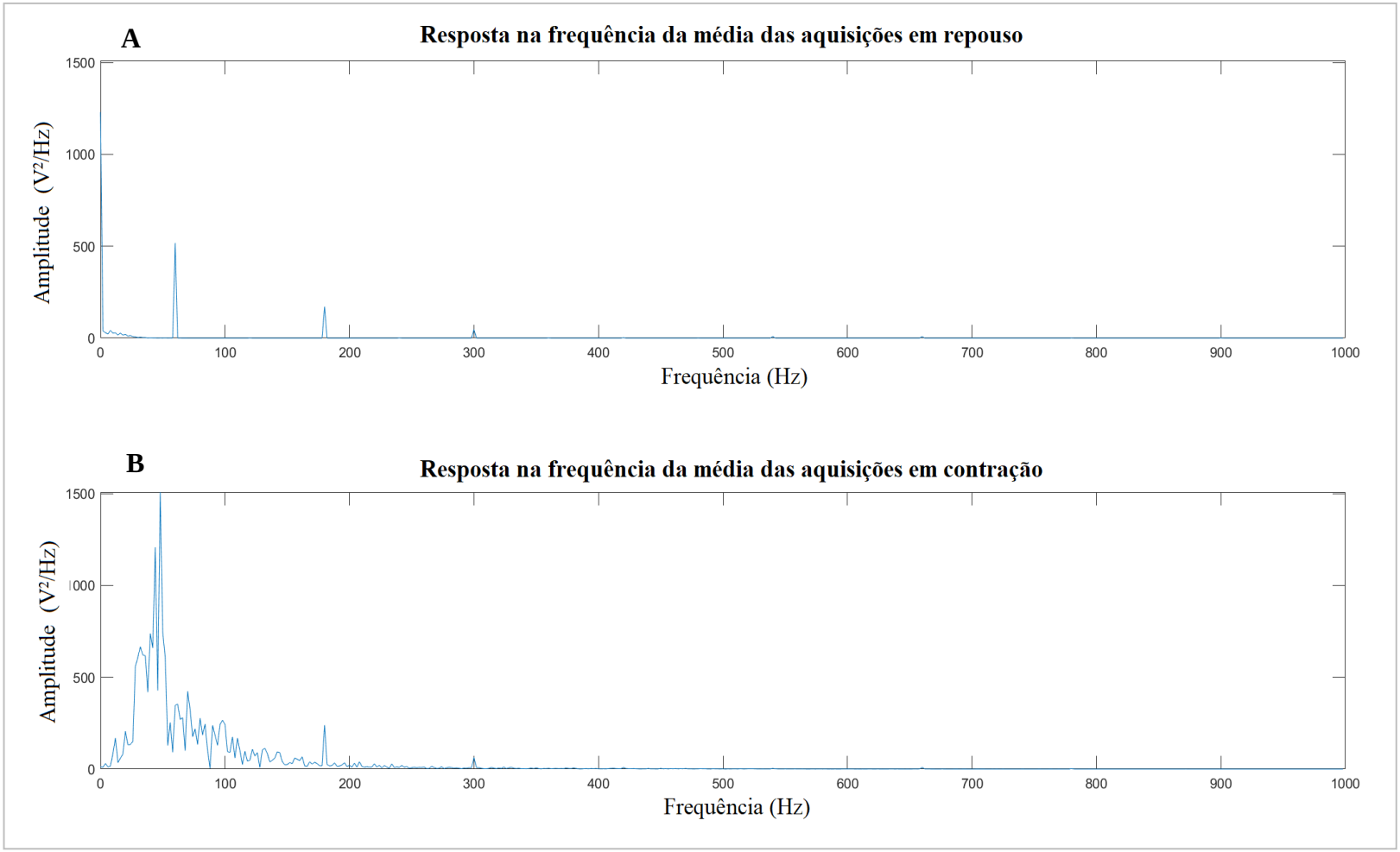
Inicialmente, os dados adquiridos estavam no domínio do tempo com amplitude em volts. Foi necessário a aplicação da transformada de Fourier (FFT) para converter em domínio da frequência com amplitude em densidade espectral (V^2/Hz). Os dados foram tabulados em planilhas do Microsoft Excel®, e realizou-se a média das três aquisições de repouso e de contração de cada indivíduo, gerando assim gráficos de repouso e de contração como exemplos nas Figura 12 e Figura 13.

Figura 12 – Análise em frequência da média das aquisições do músculo dorsal longo de um voluntário. Em repouso (A) e em contração (B)



Fonte: a autora, 2020.

Figura 13 – Análise em frequência da média das aquisições do músculo íliocostal lombar de um voluntário. Em repouso (A) e em contração (B)



Fonte: a autora, 2020.

Após os procedimentos realizados no estudo piloto, foi possível a identificação das faixas de frequência da ativação muscular mínima e máxima de cada voluntário do estudo piloto (Tabela 7).

Tabela 7 – Frequências máximas e mínimas de cada voluntário do estudo piloto

	Dorsal longo		**Íliocostal lombar**	
	Freq. Mínima (Hz)	Freq. Máxima (Hz)	Freq. Mínima (Hz)	Freq. Máxima (Hz)
Mulheres				
Voluntário 1	8	134	16	112
Voluntário 2	22	148	18	102
Voluntário 3	18	132	22	128
Voluntário 4	10	148	8	110
Voluntário 5	8	130	12	118
Homens				
Voluntário 6	12	160	18	142
Voluntário 7	18	162	8	164
Voluntário 8	20	128	8	120
Voluntário 9	12	158	18	90
Voluntário 10	10	116	10	90

Fonte: a autora, 2020.

Pode-se identificar que a faixa de ativação do músculo dorsal longo, a média da menor frequência foi de 13,8 Hz e a média de maior frequência pra esse músculo foi de 141,6 Hz. A média da frequência mínima e máxima do íliocostal lombar, foi de 13,6 Hz e 117,6 Hz respectivamente, conforme a Tabela 8. A partir da análise dos dados do estudo piloto foi feita a escolha dos filtros utilizados no instrumento de EMG em ambiente aquático.

Tabela 8 – Média das frequências de ativação dos voluntários

	Frequência mínima (Hz)	**Frequência máxima (Hz)**
	Média	Média
Dorsal longo	13,8	141,6
Íliocostal lombar	13,6	117,6

Fonte: a autora, 2020.

A caracterização dos sujeitos do estudo piloto, encontra-se na Tabela 9.

Tabela 9 – Caracterização da amostra do estudo piloto

Características	N	%
Gênero		
Feminino	05	50
Masculino	05	50
Idade		
24 a 28 anos	7	70
28 a 33 anos	3	30
Etnia		
Branca	7	70
Parda	3	30
Estado civil		
Solteiro	7	70
Casado ou união estável	1	10
Divorciado	2	20
Escolaridade		
Nível superior incompleto	1	10
Nível superior completo	9	90
Ocupação		
Estudante	5	50
Docente	2	20
Fisioterapeuta	3	30
Índice de Massa Corpórea		
< 18,5 (baixo peso)	-	-
≥ 18,5 e < 25 (peso adequado)	7	70
≥ 25 e < 30 (sobrepeso)	2	20
≥ 30 (obesidade)	1	10
Sedentarismo		
Sim	9	90
Não	1	10

Fonte: a autora, 2020.

Para o estudo piloto, entende-se que há variação do trofismo muscular de acordo com o biotipo do indivíduo, atividade física e nível de atividade física. Em razão da elegibilidade para o estudo piloto de indivíduos sem a presença de dor lombar, notou-se que a amostra foi composta por indivíduos mais jovens, classificados com peso adequado de acordo com o cálculo do índice de Massa Corpórea (IMC) (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2017). Sobre os antecedentes pessoais, não houve relatos dos voluntários.

No que refere a escolaridade, a maioria detinha o nível superior completo. Acredita-se que isso ocorreu em virtude do meio de divulgação do estudo, por ser a população mais conectada em redes sociais. Sobre o parâmetro de sedentarismo, apenas um sujeito não era sedentário na amostra. Foi considerado não sedentário, aquele que

relatou a prática de atividade física com frequência de três vezes na semana. Embora a amostra ser composta de indivíduos esclarecidos dos benefícios da atividade física regular, a amostra também foi composta em sua maioria por estudantes de graduação e pós-graduação em nível de mestrado e doutorado, o que pode ter influenciado na baixa adesão da atividade física em decorrência das ocupações diárias em atividades acadêmicas.

A partir dos resultados do estudo piloto, ou seja, a faixa de ativação da musculatura eretora da coluna lombar, o instrumento foi desenvolvido.

6 DESENVOLVIMENTO DO INSTRUMENTO

Após o procedimento com o estudo piloto e descoberto o espectro de frequência de cada músculo, foi desenvolvido um dispositivo para leitura do sinal de eletromiografia, integrado a um microcontrolador, e iniciou-se a montagem do dispositivo.

6.1 ELETROMIÓGRAFO SUBAQUÁTICO

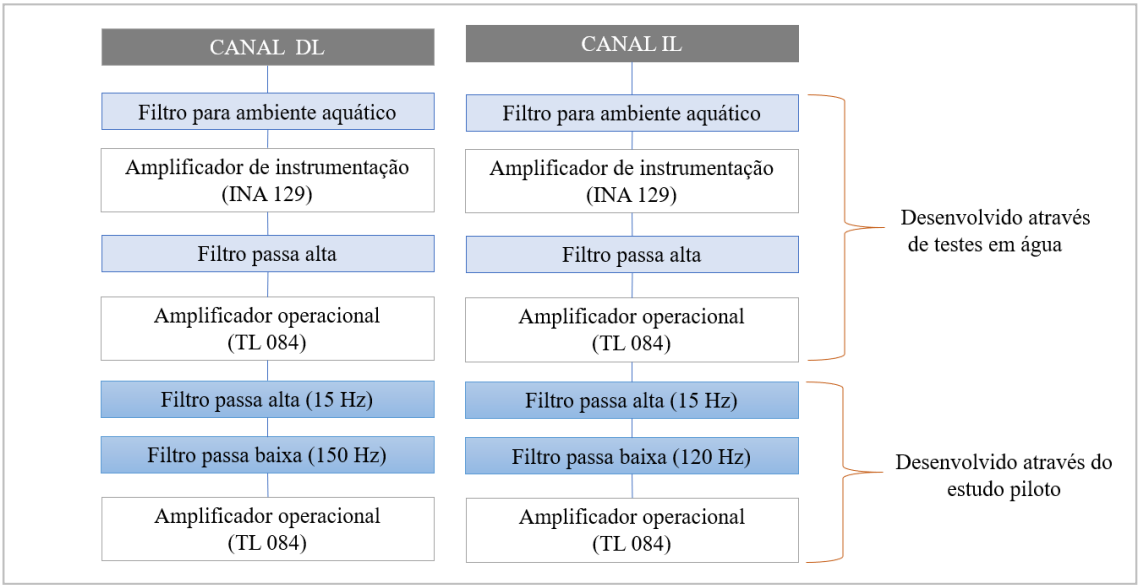
A cadeia de aquisição do equipamento foi composta primeiramente por um filtro para eliminar o efeito da água, pois a água pode possuir diversos compostos que podem tornar mais ou menos condutiva. Foi percebido em testes realizados no laboratório, que sem a presença de um filtro na entrada do amplificador de instrumentação, o sinal satura e corrompe. Realizou-se testes com diferentes valores de capacitores e resistores até determinar o filtro para o ambiente aquático no valor de 1,6 Hz.

Após o filtro para o ambiente aquático, utilizou-se um amplificador de instrumentação do tipo diferencial para realizar a aquisição do sinal de EMG, e subsequente foi aplicado um filtro passa-alta de frequência de corte de no valor de 5Hz.

Foi realizada a amplificação novamente do sinal e a próxima configuração dos filtros foi dada conforme os valores levados no projeto piloto, e assim posteriormente a filtragem do sinal, com um filtro passa-alta no valor de 15 Hz e filtro passa-baixa no valor de 150 Hz para o músculo dorsal longo e filtro passa-alta no valor de 15 Hz e filtro passa-baixa no valor de 120 Hz para o músculo íliocostal lombar. E assim atenuar os ruídos de altas e baixas frequências, conforme demonstrado no esquemático do instrumento na Figura 14.

Na Figura 15, apresenta-se o circuito inicial para a aquisição do sinal de EMG em ambiente aquático na fase de testes em laboratório, com um canal de EMG. Posteriormente, foi desenvolvido outro circuito com dois canais para aquisição de eletromiografia.

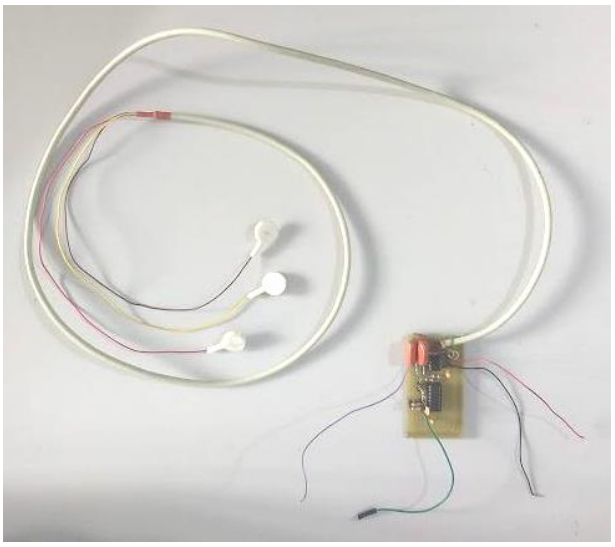
Figura 14 – Esquemático do instrumento de EMG subaquático



CANAL DL – Canal para o músculo dorsal longo; CANAL IL – Canal para o músculo íliocostal lombar; INA 129 – Amplificador de instrumentação; TL 084 – Amplificador operacional.

Fonte: a autora, 2020.

Figura 15 – Circuito de EMG inicial para teste em laboratório



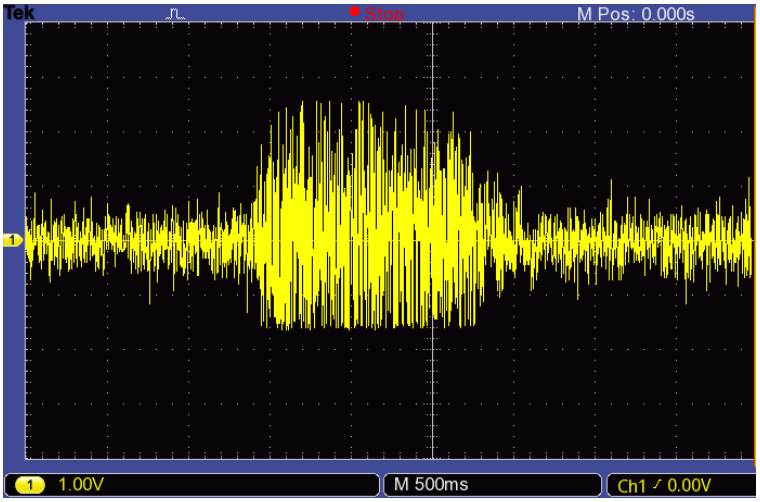
Fonte: a autora, 2020.

Com a criação do filtro para o ambiente aquático, o mesmo possibilitou a aquisição e apresentação do sinal com poucas interferências. Com os testes realizados em laboratório e piscina, evidenciou que a aquisição eletromiográfica em ambiente aquático é possível, e sem a necessidade de aplicações como adesivos e envoltórios para

proteção do eletrodo. Apresentando apenas a necessidade de uma fixação leve para que quando a capacidade adesiva do eletrodo estiver ineficaz, haja ainda o contato com a pele.

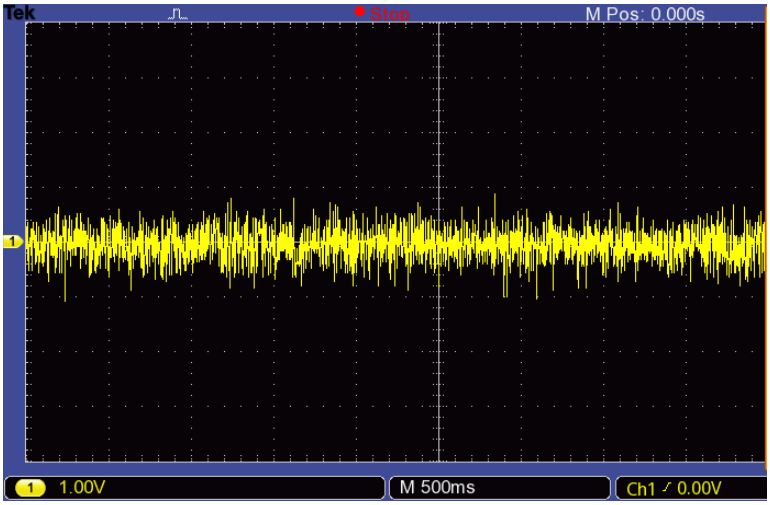
Na Figura 16, encontra-se o sinal eletromiográfico durante contração muscular adquirido em teste em laboratório do músculo supinador do antebraço e na Figura 17 a visualização em osciloscópio do mesmo músculo em repouso, ambos na água.

Figura 16 – Sinal de eletromiografia visualizado em osciloscópio na fase de teste em água, durante contração muscular



Fonte: a autora, 2020.

Figura 17 – Sinal de eletromiografia visualizado em osciloscópio na fase de teste em água, durante o repouso



Fonte: a autora, 2020.

6.2 MONITORIZAÇÃO DE PARÂMETROS HEMODINÂMICOS

Para averiguação e monitoramento de parâmetros hemodinâmicos, foi utilizada: placa de desenvolvimento KL25Z (Figura 18), que dentre as principais características está o baixo consumo de energia, e assim permite o uso de baterias por longa duração, além de conter conversor analógico/digital (A/D) e enviar os dados para o *Bluetooth* (NORMAN, 2012); um *display* LCD modelo ILI9341 de 2.4 polegadas para visualização das variáveis; e um sensor para a verificação da frequência cardíaca e saturação de oxigênio, o MAX30100.

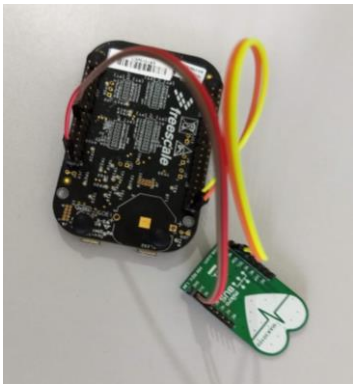
Figura 18 – Placa de desenvolvimento KL25Z

Fonte: https://www.filipeflop.com/produto/freedom-frdm-kl25z/

O sensor MAX30100 é um dispositivo que integra dois LEDs emitindo luz, espectro vermelho e outro infravermelho, para detectar e processar o sinal. O sensor é colocado na pele, com o intuito que as frequências de luz penetrem. A proporção entre a luz vermelha e a infravermelha absorvida será diferente, a depender do nível de oxigênio no sangue. Apresentando vantagem no uso por ser um dispositivo pequeno e funcionar com pouca energia, aumentando a vida útil da bateria. Além de possuir uma capacidade de saída rápida dos dados (Figura 19) (MAXIM INTEGRATED, 2014; RAIVIS STROGONOVS, 2017).

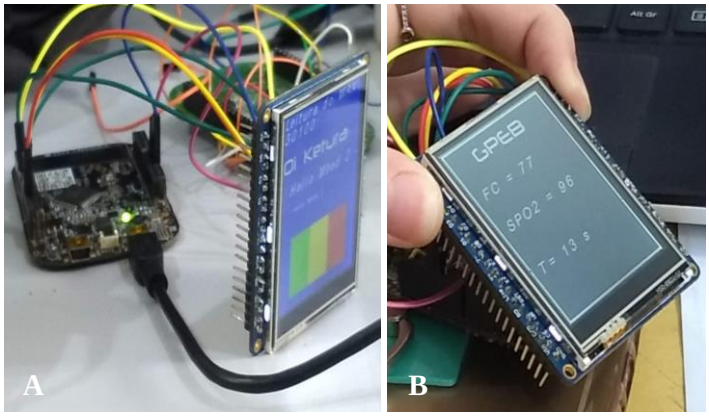
Para a configuração da placa KL25Z, foi utilizado um ambiente de desenvolvimento, o Mbed. Nesse ambiente, gerou-se um código para ativação e funcionamento do *display* LCD inicialmente. A configuração dos parâmetros da placa para o sensor de aquisição de oximetria MAX30100 também é realizada por esse microcontrolador, e a definição dos elementos gráficos provenientes desse processo (Figura 20).

Figura 19 – Comunicação da placa de desenvolvimento KL25Z com o sensor MAX30100



Fonte: a autora, 2020.

Figura 20 – Comunicação da KL25Z com *display* LCD (A) e visualização dos parâmetros hemodinâmicos (C) na fase de testes em laboratório



Fonte: a autora, 2020.

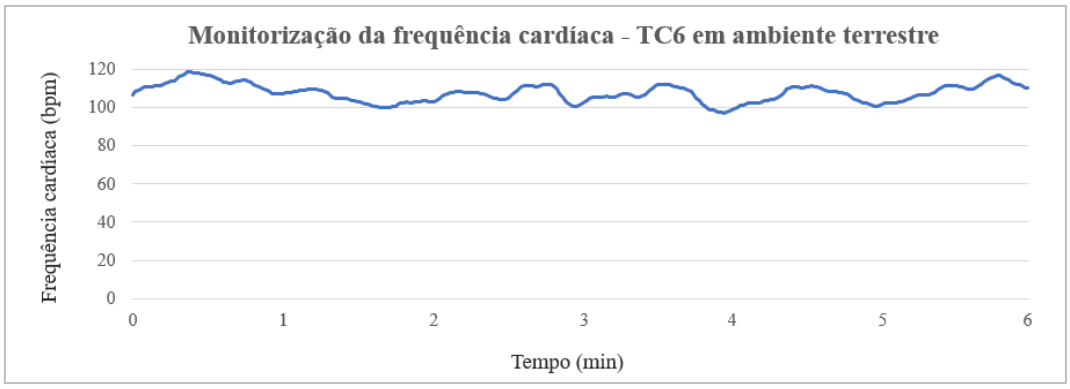
Na fase de testes, os elementos gráficos eram demonstrados em forma de barra (Figura 20A), a qual sinalizara o decorrer do tempo. A cor verde visualizada na imagem supracitada, representava com o seu preenchimento total os dez minutos iniciais, por conseguinte a cor amarela demonstrando uma faixa de tempo de dez minutos e finalizando na cor vermelha, que ao término de preenchimento significava a finalização da aquisição e monitoramento, totalizando 30 minutos. Foi verificado durante os testes em laboratório que o parâmetro do tempo, seria melhor expressado no seu valor numérico (Figura 20B), para assegurar uma boa sincronização dos manuseios com o método Watsu.

Com o intuito de verificar o funcionamento e aquisição dos dados de frequência cardíaca e saturação de oxigênio, foi realizado um teste de caminhada de 6 minutos

(TC6) em solo e ambiente aquático na própria autora. O TC6 é comumente utilizado para avaliar a resposta de um indivíduo ao exercício, propiciando uma visão geral do sistema respiratório e cardíaco.

Com o respectivo teste observou-se a efetiva monitorização em tempo real, a verificação e a aplicabilidade do instrumento, assim como a boa visibilidade dos parâmetros hemodinâmicos não invasivos através do *display* utilizado. Foi possível a comunicação via protocolo *Bluetooth* de forma eficaz para armazenamento dos dados, conforme observados nos gráficos da Figura 21 e Figura 22, para frequência cardíaca e Figura 23 e Figura 24 para oximetria. O dispositivo *Bluetooth* utilizado foi o HC-05 (Figura 25).

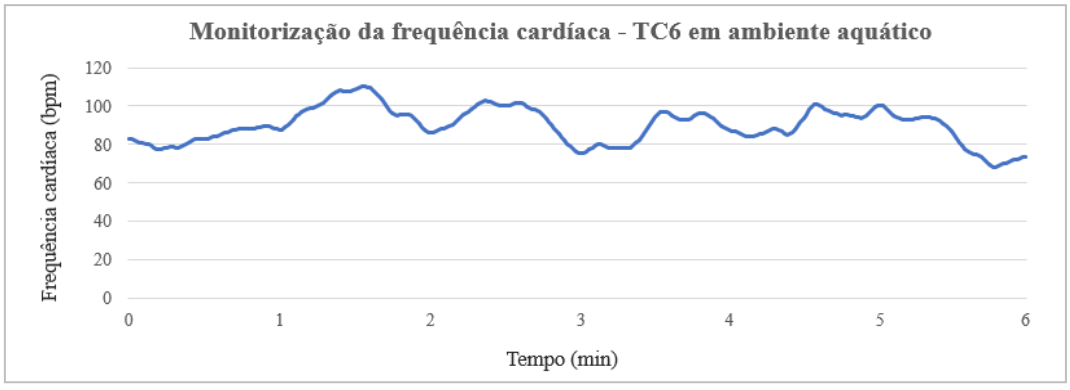
Figura 21 – Gráfico da aquisição e monitoramento da frequência cardíaca em ambiente terrestre



TC6 – Teste de caminhada de 6 minutos.

Fonte: a autora, 2020.

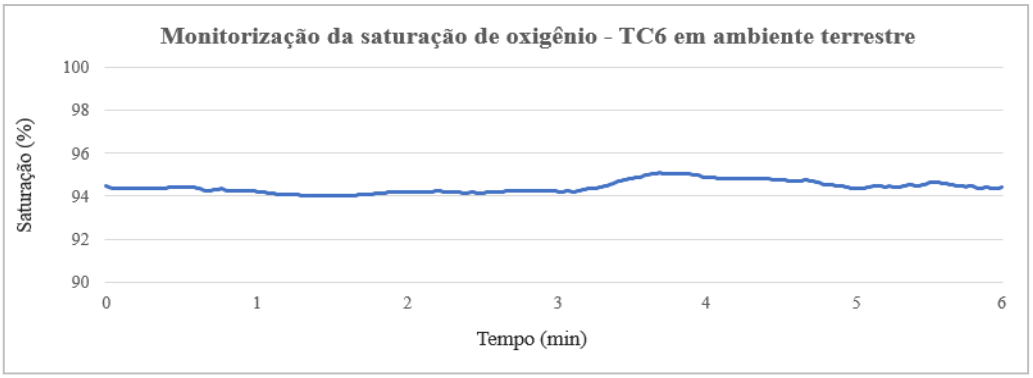
Figura 22 – Gráfico da aquisição e monitoramento da frequência cardíaca em ambiente aquático



TC6 – Teste de caminhada de 6 minutos.

Fonte: a autora, 2020.

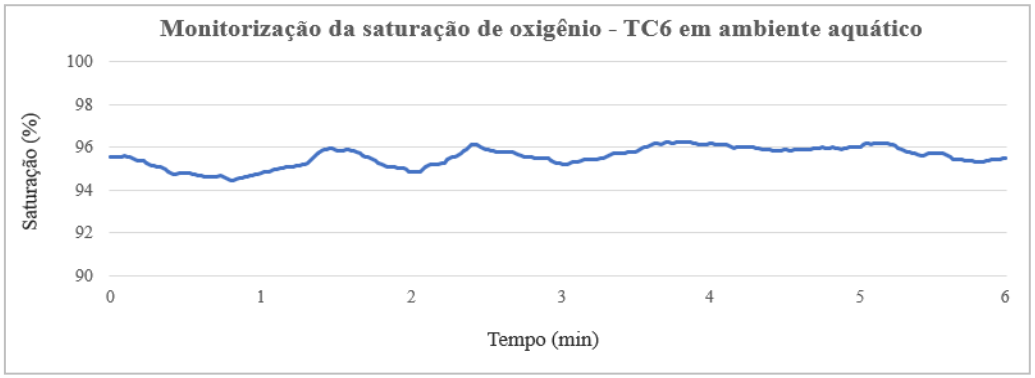
Figura 23 – Gráfico da aquisição e monitoramento da saturação de oxigênio em ambiente terrestre



TC6 – Teste de caminhada de 6 minutos.

Fonte: a autora, 2020.

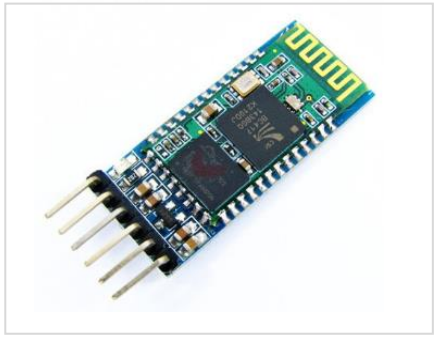
Figura 24 – Gráfico da aquisição e monitoramento da saturação de oxigênio em ambiente aquático



TC6 – Teste de caminhada de 6 minutos.

Fonte: a autora, 2020.

Figura 25 – Módulo *Bluetooth* utilizado no equipamento desenvolvido



Fonte: https://www.vidadesilicio.com.br/hc-05-modulo-bluetooth

Observou-se também que as aquisições em ambiente terrestre e ambiente aquático mantiveram-se dentro do padrão de normalidade esperado para a faixa etária em questão.

6.3 INTEGRAÇÃO DOS DISPOSITIVOS

Com todos os dispositivos em funcionamento e aprovado na fase de testes, em um ambiente de desenvolvimento, fez-se a codificação para ativação e funcionamento do *display* com o instrumento de EMG desenvolvido. O dispositivo constou de dois canais para eletromiografia e o sensor para captação de parâmetros hemodinâmicos.

Estando o instrumento de EMG e o instrumento de parâmetros hemodinâmicos acoplados e ligados a mesma placa de desenvolvimento, a KL25Z, fez-se a integração dos mesmos (Figura 26). Sendo a placa de desenvolvimento responsável por organizar os dados recebidos do canal de eletromiografia.

Figura 26 – Circuito final com os dispositivos integrados

Fonte: a autora, 2020.

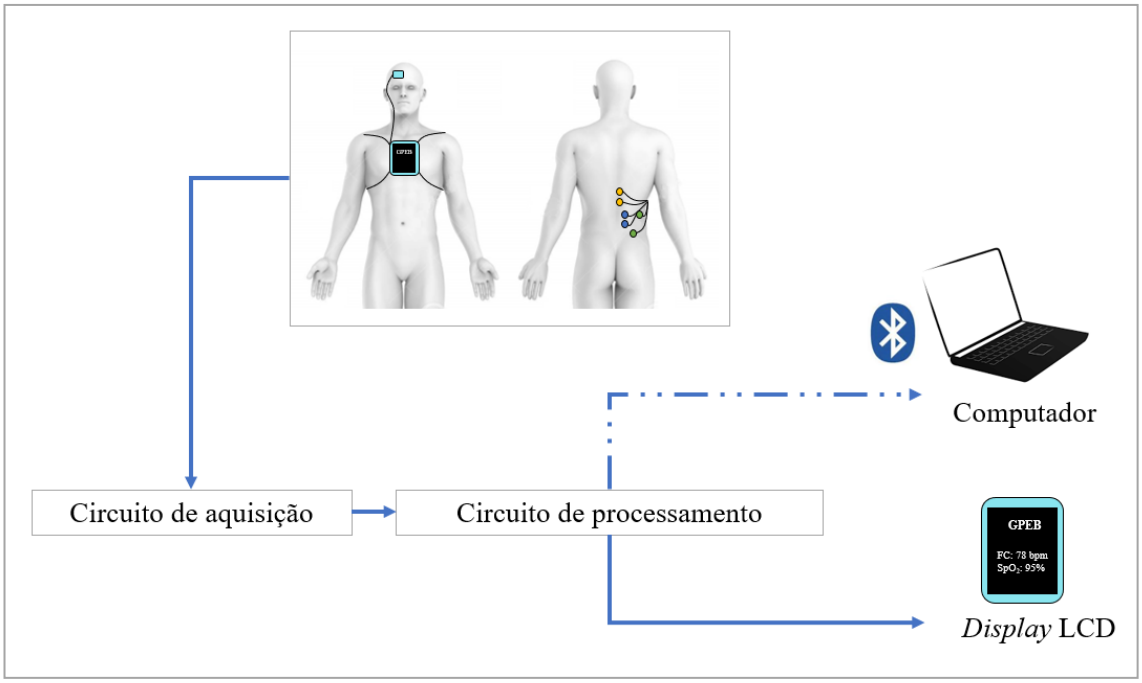
A comunicação entre o transmissor HC-05 e o computador foi feita por protocolo *Bluetooth*, e a comunicação entre o transmissor HC-05 e o microcontrolador é dada através da *Universal Asynchronous Receiver Transmitter* (UART). Já a comunicação do *display* LCD e o microcontrolador é dada através de comunicação *Serial Peripheral*

Interface (SPI) e a comunicação realizada entre o sensor de oximetria e o microcontrolador é mediante o protocolo *Inter Integrated Circuit* (I^2C) (VERONESI, 2005; MAXIM INTEGRATED, 2014; RAIVIS STROGONOVS, 2017).

O esquemático para captação, processamento e transmissão dos dados encontram-se na Figura 27 e o fluxo do *firmware* para ativação e funcionamento do *display*, desde a definição das variáveis utilizadas até a apresentação no *display* e no computador, consta na Figura 28.

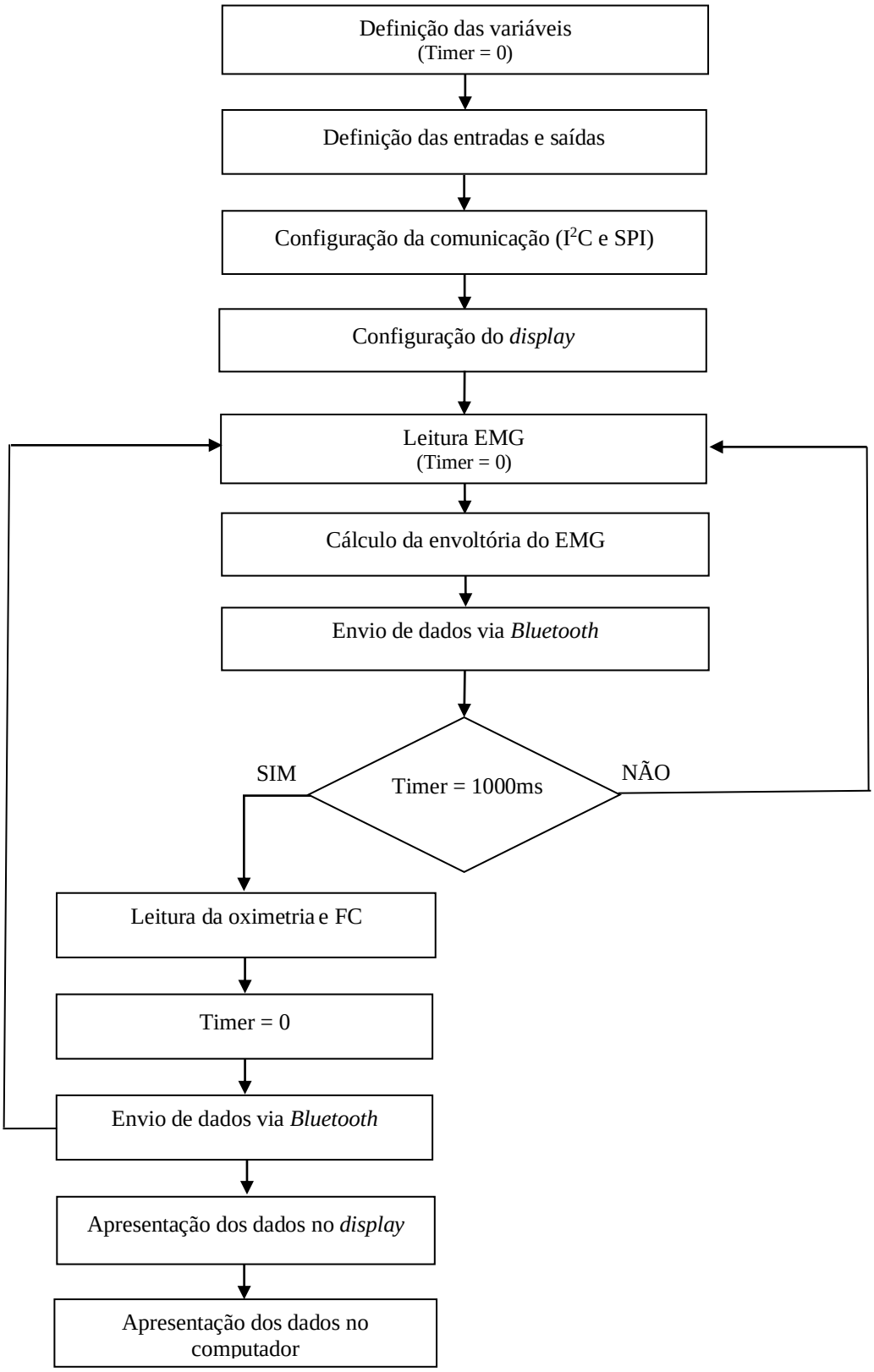
Para visualização e posterior análise das aquisições, foi desenvolvido através do Grupo de Pesquisa em Engenharia Biomédica da UFPE, um *software*, que integra as aquisições das variáveis hemodinâmicas e eletromiográficas.

Figura 27 – Esquemático da captação e transmissão dos dados



Fonte: a autora, 2020.

Figura 28 – Fluxo do firmware para ativação e funcionamento do display LCD



I^2C – protocolo de comunicação; SPI – protocolo de comunicação; FC – frequência cardíaca; EMG – eletromiografia.

Fonte: a autora, 2020.

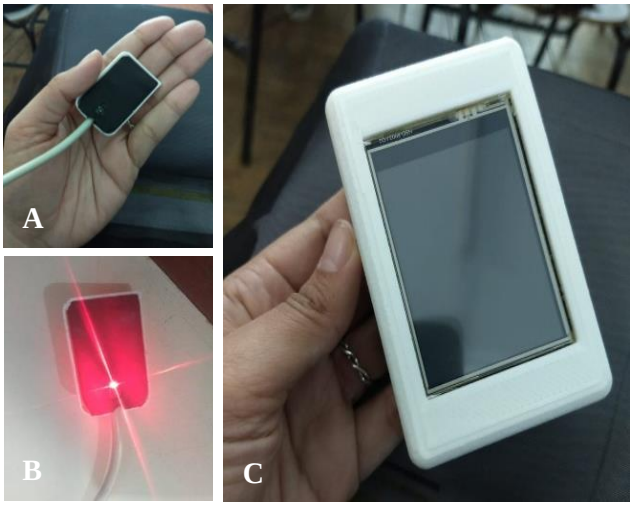
7 PROTEÇÃO E IMPERMEABILIZAÇÃO DO INSTRUMENTO

Para proteção da placa de desenvolvimento, *display* e alimentação do circuito, com o auxílio de um sistema de *software* de *design online* Onshape®, desenvolveu-se os protótipos da caixa de proteção e armazenamento do dispositivo (Apêndice E).

Foi projetada uma caixa para proteger o sistema embarcado, através de impressão 3D pela impressora 3D XYZ DAVINCI PRO® com filamento de ácido polilático – PLA. Na fase de testes foram impressas três versões para a caixa de condicionamento. Todas passaram por processo de impermeabilização e teste em ambiente aquático para definição do processo.

Inicialmente foram confeccionadas caixas para proteção e armazenamento do *display*, sensor de oximetria e a placa de desenvolvimento para realização de teste em piscina, com o teste de caminhada de seis minutos. Na Figura 29A, encontra-se o sensor MAX30100 protegido, em Figura 29B o sensor em funcionamento, e na Figura 29C o *display* condicionado em caixa impressa.

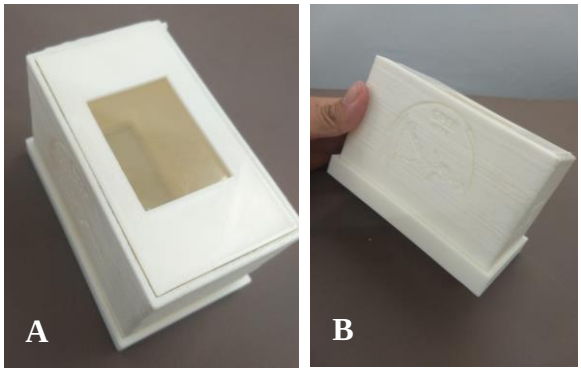
Figura 29 – Armazenamento e proteção do sensor de oximetria (A), sensor em funcionamento (B) e *display* (C)



Fonte: a autora, 2020.

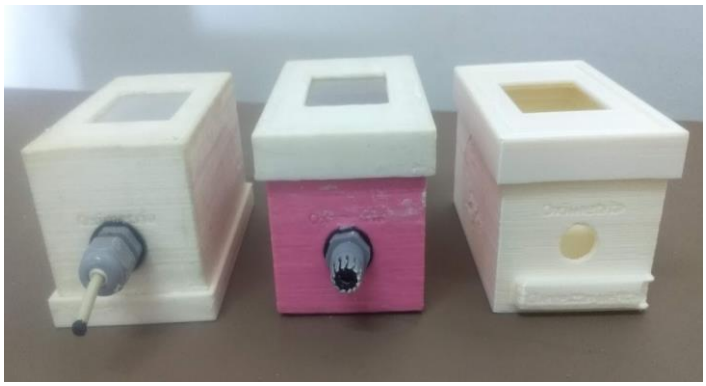
Posteriormente, para melhor dimensionamento, alocação do instrumento e teste para impermeabilização, foram impressas diversas caixas na fase de teste (Figura 30 e Figura 31), até chegar a versão final utilizada nesse estudo.

Figura 30 – Versão inicial da caixa de proteção e armazenamento do instrumento, visualização para o *display* (A) e lateral da caixa (B)



Fonte: a autora, 2020.

Figura 31 – Versões para a caixa de proteção e armazenamento do instrumento



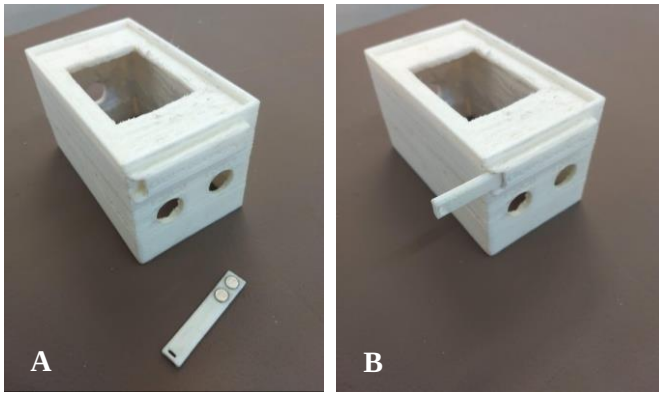
Fonte: a autora, 2020.

Por tratar-se de ambiente aquático, para minimizar o risco de entrada da água na parte interna da caixa optou-se por usar uma chave magnética (Figura 32 e Figura 33) com a finalidade de ligar e desligar o equipamento.

Figura 32 – Chave magnética utilizada no equipamento

Fonte: https://www.filipeflop.com/produto/reed-switch-chave-magnetica/

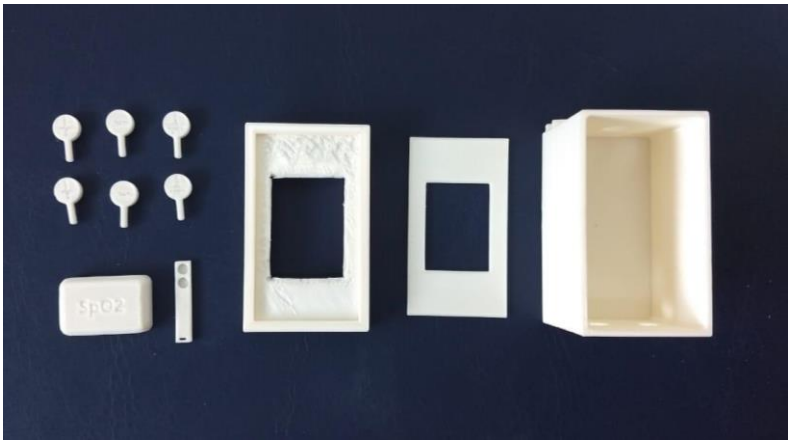
Figura 33 – Versão final da caixa e chave para ligar/desligar o equipamento (A) e local de contato com a chave magnética (B)



Fonte: a autora, 2020..

Em impressora 3D foram impressos todos os componentes para condicionamento e proteção do instrumento e eletrodos, conforme Figura 34.

Figura 34 – Partes impressas para proteção e armazenamento da versão final da caixa



Fonte: a autora, 2020.

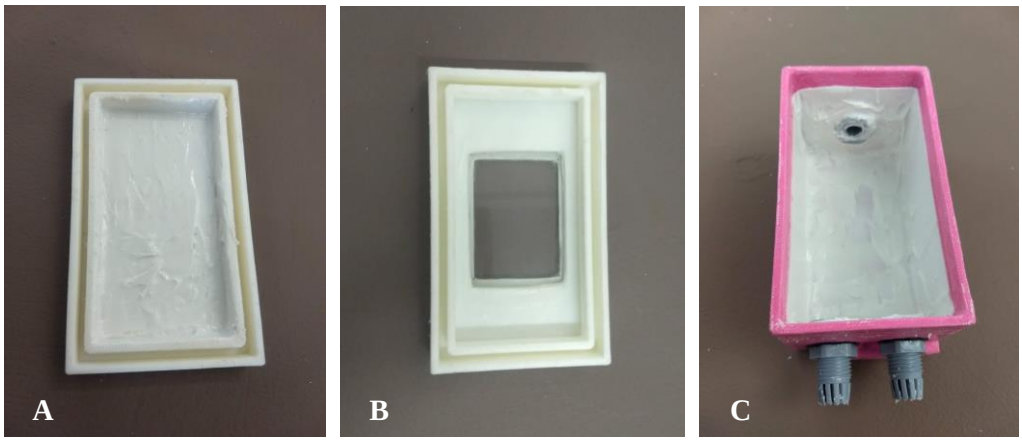
Na caixa, constam saídas para os cabos dos canais de eletromiografia e do sensor de captação dos parâmetros hemodinâmicos. Com isso é necessário um processo efetivo de impermeabilização para que, ao colocar a caixa em ambiente aquático, a água não adentre e danifique os componentes do circuito.

Para a impermeabilização da caixa e proteção do circuito, a parte externa da caixa foi selada com adesivo plástico para tubos composto de solventes orgânicos e resina de policloreto de polivinila (PVC), a parte interna foi vedada com selante adesivo

monocomponente de alta tecnologia e a saída dos cabos além do selante adesivo, utilizou-se cola epóxi. Para a passagem dos fios usou-se um prensa cabo, e no local da passagem do fio aplicou-se uma fita isolante líquida.

Para a tampa da caixa, utilizou o selante de alta tecnologia e cola epóxi para junção da placa de acrílico e assim conferir visualização do *display* (Figura 35B). Após esse processo de impermeabilização da caixa e para teste em ambiente aquático, fechou-se a caixa e fez-se a selagem com o adesivo monocomponente de alta tecnologia. Pois o mesmo possui fácil aplicação e retirada, para que assim a bateria do dispositivo fosse trocada.

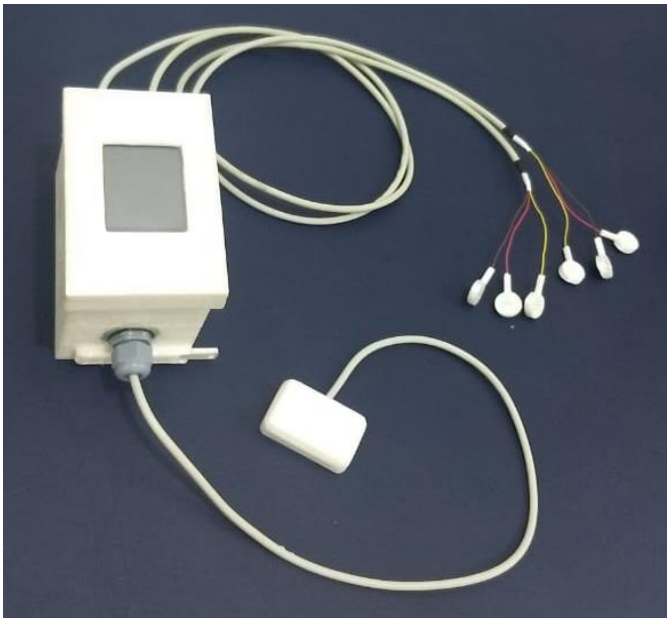
Figura 35 – Processo de impermeabilização na fase de testes. Tampa da caixa na versão inicial (A), tampa da caixa na versão final (B) e corpo da caixa na fase de testes (C)



Fonte: a autora, 2020.

Na Figura 36, encontra-se a caixa em sua versão final após o processo de impermeabilização com o instrumento finalizado. Após a finalização do equipamento realizou-se a aplicação e validação do instrumento. Posteriormente, o instrumento foi alocado na caixa de proteção e armazenamento e iniciou-se a fase de coleta de dados.

Figura 36 – Instrumento em caixa de proteção e armazenamento após processo de impermeabilização



Fonte: a autora, 2020.

8 APLICAÇÃO E VALIDAÇÃO

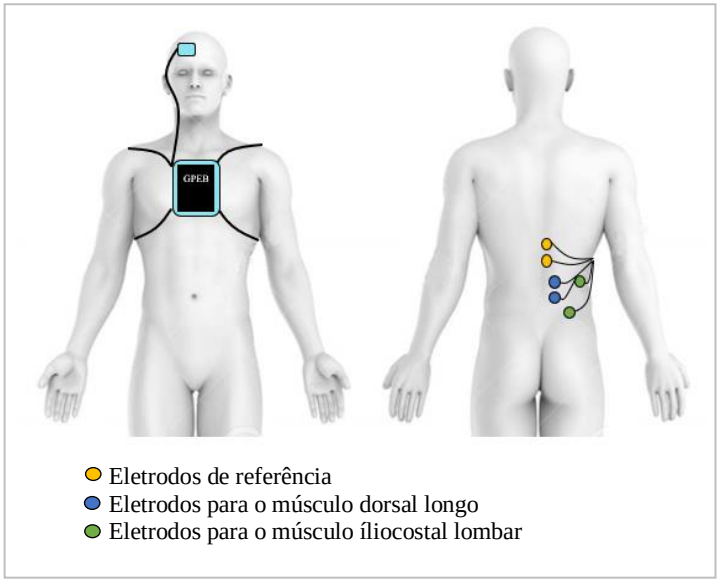
Posteriormente, a finalização do instrumento, realizou-se a aplicação e validação através de um estudo transversal, em uma clínica especializada em Recife/PE. Através de intervenção com o método Watsu em piscina aquecida, em torno de 33°C a 34°C (DULL, 2001; STAN, 2013), conforme preconizado pela técnica e em ambiente silencioso.

Essa etapa, teve como intuito a verificação do funcionamento do equipamento em ambiente aquático quanto a aferição de variáveis hemodinâmicas não invasivas e do tônus muscular.

O instrumento com o visor para monitoramento foi posicionado no tórax do voluntário, conforme ilustrado na Figura 37. Foi confeccionada uma bolsa de faixas elásticas, especialmente para essa finalidade (Figura 38).

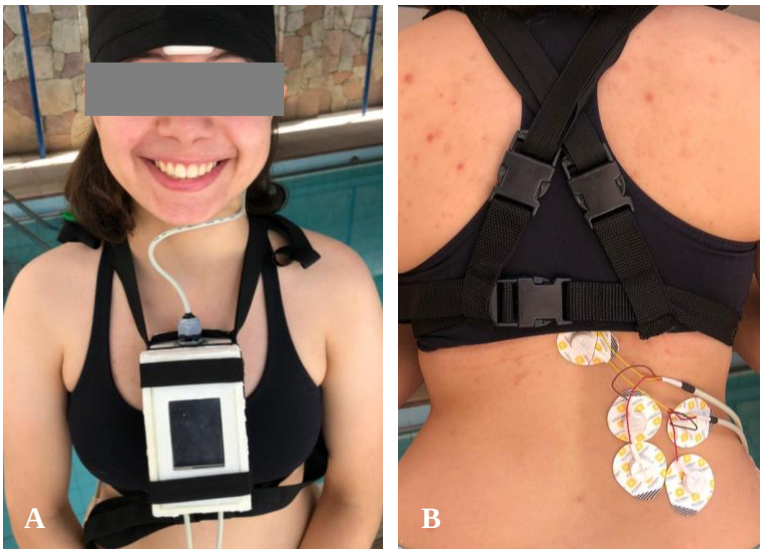
O sensor para averiguação de oximetria e frequência cardíaca foi alocado na testa do voluntário com auxílio de faixa elástica pra fixação (Figura 38A) e os eletrodos estiveram alocados nos ventres musculares dos músculos dorsal longo e íliocostal lombar conforme o protocolo SENIAM (HERMES *et al.*, 2000; SENIAM, 2018) (Figura 38B), após a tricotomia e limpeza da pele com álcool 70% na região.

Figura 37 – Ilustração do posicionamento do sensor, instrumento e eletrodos



Fonte: a autora, 2020.

Figura 38 – Posicionamento do sensor, instrumento e eletrodos na voluntária



Fonte: a autora, 2020.

Foi observado que o tipo de eletrodo e a aderência do gel do eletrodo a pele pode influenciar na aquisição do sinal mioelétrico. Foram testados diversos eletrodos de superfície, com e sem uso de adesivos e/ou fixadores externos. Nos testes, ao utilizar fitas adesivas, com a finalidade de manter o contato do gel com a pele, tal fixação alterou a impedância, provocando interferências no sinal de EMG.

Notou-se que o gel condutor do eletrodo de escolha, da marca Descarpack®, continuou em contato mesmo quando a parte adesiva não aderiu após permanência na água, sendo possível a aquisição do sinal eletromiográfico. Sendo assim, não foi necessária vedação e/ou impermeabilização dos eletrodos descartáveis utilizados.

Após a alocação do instrumento, o voluntário foi orientado a adentrar na piscina e posteriormente o equipamento foi ligado. Os dados captados, foram transmitidos via protocolo *Bluetooth* para um computador que encontrava-se próximo a piscina.

A duração da sessão com o método Watsu foi de 30 minutos e embora o método preconize o fluir do movimento, foram selecionados alguns movimentos do fluxo básico (DULL, 2001) para os manuseios com os voluntários.

Os manuseios do método Watsu iniciam-se no lado esquerdo do terapeuta. Realizou-se a sequência no lado esquerdo e posteriormente no lado direito, nos 20 minutos iniciais. Nos minutos finais, novamente do lado esquerdo do terapeuta, realizou-se movimentos de transição, mobilização e finalização. Os manuseios estão dispostos em Tabela 10, Figura 39 e Figura 40.

Tabela 10 – Manuseios do método Watsu escolhidos para o estudo

Movimentos	**Descrição**
Dança da respiração	Voluntário é posicionado em flutuação horizontal pelo terapeuta e é sustentado pelos braços do terapeuta na região cervical e sacral. Durante o ciclo respiratório, o terapeuta promove a subida e descida da pelve do recebedor durante a inspiração e expiração, respectivamente.
Liberação da coluna	Voluntário é sustentado pelos braços do terapeuta na região cervical e sacral. O terapeuta realiza movimentos alternados e suaves com os braços.
Oferecendo lento	Voluntário é sustentado pelos braços do terapeuta na região cervical e sacral. Esse movimento consiste em deslocar o corpo do recebedor, durante a respiração. O terapeuta afasta o voluntário como se o oferecesse a água na expiração e na inspiração há a aproximação do recebedor.
Oferecendo com uma perna e com as duas pernas	Voluntário é sustentado pelo terapeuta em região cervical e membro inferior próximo ao corpo do terapeuta. Executa-se uma tração em região cervical e o terapeuta afasta o voluntário como se o oferecesse a água, em seguida a tração leve é realizada no membro inferior próximo ao terapeuta. Posteriormente, realiza-se com os membros inferiores.
Sanfona e sanfona rotativa	Na sanfona, o voluntário é sustentado pelo terapeuta em região cervical e membros inferiores. A cada ciclo expiratório, o terapeuta mobiliza os quadris, aproximando-o do tronco, no sentido céfalo-podálico. Na rotativa, o terapeuta oferta o mesmo apoio e a cada ciclo expiratório, o terapeuta mobiliza os quadris, aproximando do tronco, proporcionando uma flexão e rotação dos membros inferiores em direção ao ombro. No sentido anti-horário ou no sentido horário.
Rotação com a perna de dentro e a perna de fora	Voluntário é sustentado pelo terapeuta em região cervical e em membro inferior próximo ao terapeuta. Terapeuta inclina e rotaciona a perna em direção ao ombro oposto do voluntário, a cada expiração. Posteriormente, realiza o mesmo manuseio com o membro inferior distante do terapeuta.
Embaixo da perna	Voluntário é sustentado pelo terapeuta em região cervical e em membro inferior. Após o manuseio de rotação com a perna de fora, o terapeuta apoia o membro inferior do voluntário em seu ombro. Realiza massagens no braço em conformidade com a respiração.
Pêndulo	Voluntário é sustentado pelo terapeuta em região cervical e região poplítea. Terapeuta realiza movimentos suaves, como se o corpo do recebedor fosse um pêndulo.
Balanço braço-perna	Voluntário é sustentado pelo terapeuta, com apoio em um membro superior e outro apoio em um membro inferior. Realiza-se trações nos membros de maneira alternada.
Joelho ao tórax	Voluntário é sustentado pelo terapeuta, com apoio em membro inferior e cabeça do voluntário no ombro do terapeuta. O terapeuta aproxima o joelho do recebedor ao seu tórax.

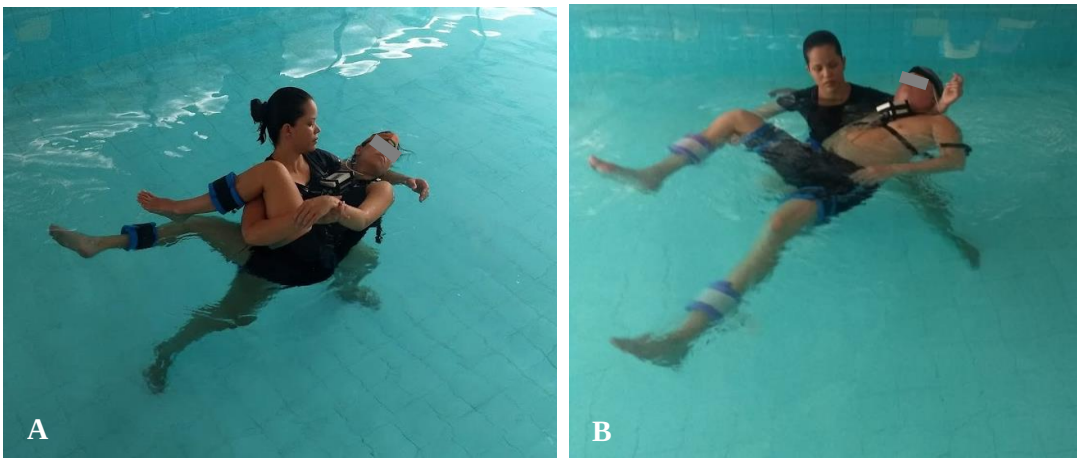
(continua)

(conclusão)

Movimentos	**Descrição**
Oito	O terapeuta oferta apoio a cabeça do voluntário com a palma da mão, e com a outra mão empurra o quadril. Posteriormente, o terapeuta troca a mão de apoio da cabeça e promove em conjunto com o fluxo da água, o alinhamento do voluntário ao terapeuta.
Voo livre	O terapeuta oferta apoio com o antebraço em região dorsal e com a mão na região occipital, enquanto promove uma leve tração ao braço do voluntário. O movimento ocorre ao redor do eixo do terapeuta.
Alongar e ondular a coluna	Voluntário é sustentado pelo terapeuta, com apoio em base occipital e região sacral. Realiza-se uma tração no sentido crânio-caudal. Posteriormente, realiza-se ondulações com a mão de apoio que se encontra na região sacral, no sentido póstero-anterior.
Algas	O terapeuta confere apoio a cabeça do voluntário em seu ombro e apoia as mãos nos quadris do voluntário. Seguindo o fluxo da água, o terapeuta oferta inclinação lateral da coluna vertebral.
Quieto	O voluntário é sustentado e é posicionado na frente do terapeuta, em posição horizontal. O terapeuta respeita as demandas do voluntário.
Sela fechada	O terapeuta sustenta o voluntario e o posiciona sentado. Na posição de sela, realizam-se massagens em face, membros, região dorsal, além de alongamentos, trações e mobilizações.

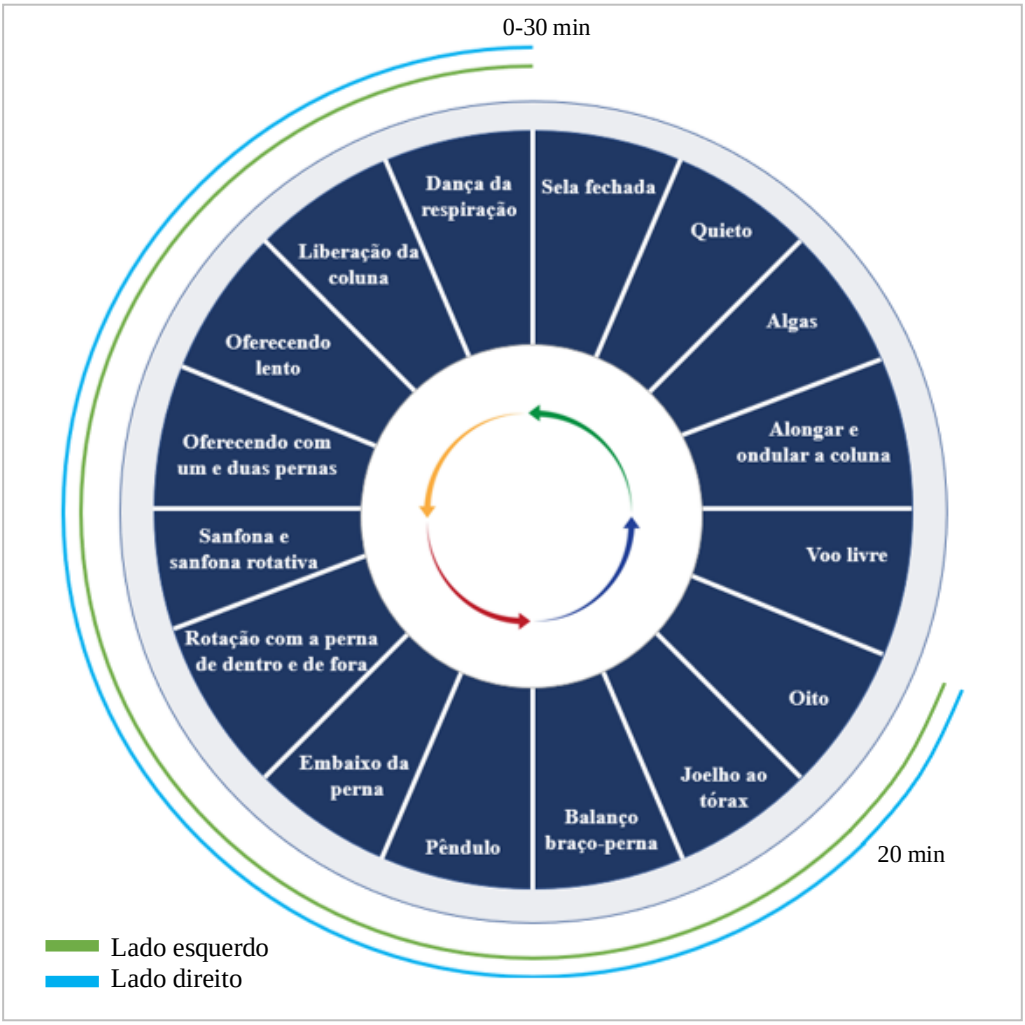
Fonte: DULL, 2001; a autora, 2020.

Figura 39 – Manuseios do método Watsu com o instrumento desenvolvido. Embaixo da perna (A) e oferecendo com uma perna (B)



Fonte: a autora, 2020.

Figura 40 – Sequência dos manuseios utilizados com o método Watsu



Fonte: a autora, 2020.

8.1 ANÁLISE DOS DADOS

A última etapa consistiu na análise e interpretação dos dados. As informações coletadas na fase de aplicação e validação, através de questionários foram digitadas e tabuladas em planilhas de Excel®. A digitação dos dados foi realizada após revisão dos formulários, e assim obteve-se a listagem das variáveis.

No que refere a intervenção com o Watsu, os dados captados através de *software* desenvolvido pelo GPEB foram tabulados e posteriormente utilizou-se um *software* de processamento de dados. Os dados foram expressos em média móvel para os músculos e variáveis hemodinâmicas, para retirar possíveis ruídos. E assim, plotou-se os gráficos para análise pela autora.

9 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com o presente estudo desenvolveu-se um protótipo para aquisição e monitoramento de variáveis hemodinâmicas e do tônus muscular em ambiente aquático.

Através do estudo piloto foi possível criar um filtro específico para ambiente aquático e assim o eletromiógrafo subaquático para a musculatura eretora da coluna, além de integrar o dispositivo para a aquisição e visualização das variáveis hemodinâmicas.

Constatou-se com o protótipo, mediante a aplicação e validação para o ambiente aquático com o método Watsu, que é possível a aquisição, captação e transmissão dos dados em tempo real. Observou-se que as alterações ocasionadas nas variáveis hemodinâmicas ocorrem em razão da imersão em ambiente aquecido e sugere-se que houve relaxamento muscular, em razão da diminuição do tônus muscular.

No que refere a aplicação do instrumento, para todos os voluntários, ocorreu sem intercorrências. Foi possível a visualização dos parâmetros através do *display* e transmissão dos dados via protocolo *Bluetooth.*

Cinco voluntários participaram dessa etapa de aplicação e validação do instrumento, os quais estão caracterizados na Tabela 11 e serão apresentados a seguir.

Tabela 11 – Caracterização da amostra do estudo

Características	N	%
Gênero		
Feminino	3	60
Masculino	2	40
Idade		
18 a 23 anos	-	
24 a 29 anos	1	20
30 a 35 anos	1	20
36 a 41 anos	-	
48 a 53 anos	2	40
54 a 59 anos	1	20
60 a 65 anos	-	
Etnia		
Branca	2	40
Parda	3	60
Estado civil		
Solteiro	1	20
Casado ou união estável	4	80

(continua)

(conclusão)

Características	N	%
Escolaridade		
Nível superior incompleto	1	20
Nível superior completo	4	80
Ocupação		
Administrador	1	20
Comerciante	1	20
Estudante	1	20
Fisioterapeuta	2	40
Índice de Massa Corpórea		
< 18,5 (baixo peso)	-	-
≥ 18,5 e < 25 (peso adequado)	3	60
≥ 25 e < 30 (sobrepeso)	1	20
≥ 30 (obesidade)	1	20
Sedentarismo		
Sim	1	20
Não	4	80
Dor lombar		
Sim	5	100
Não	-	
Crise álgica lombar		
Sim	3	60
Não	2	40

Fonte: a autora, 2020.

No que refere os questionários pertinentes a dor lombar, estão caracterizados na Tabela 12 e Tabela 13. O questionário de Roland e Morris se refere a dor do voluntário no momento da entrevista, ou seja, antes da intervenção com o Watsu. É um questionário de fácil aplicação e análise, apresentando boa confiabilidade para a população brasileira, por ser um questionário validado. O escore varia de 0 (ausência de incapacidade) a 24 (incapacidade grave ou severa) (SARDA JÙNIOR, *et al.*, 2010).

Tabela 12 – Caracterização da dor lombar, conforme o questionário de incapacidade de Roland e Morris

Questionário Roland e Morris	N	%
Ausente	-	-
Leve	2	40
Moderada	3	60
≥ 14*	-	-
Severa	-	-

*≥ 14 presença de incapacidade física.

Fonte: a autora, 2020.

O questionário McGill refere-se a experiência dolorosa e a conceituação de dor, que é subjetiva e individual. É dividido em vinte tópicos pertinentes a parte sensitiva e experiência dolorosa, caráter afetivo, avaliativo e de miscelânia. As características da dor, que foram predominantemente relatadas pelos voluntários no momento da entrevista, estão listadas na Tabela 13.

Tabela 13 – Caracterização da dor lombar, conforme o questionário de McGill

Questionário McGill			
Tópicos	**Característica**	**N**	**%**
	Sensitiva		
1	Pulsante	2	40
2	Pontada	3	60
	Choque	2	40
3	Punhalada	2	40
4	Fina	3	60
	Cortante	2	40
5	Cólica	3	60
6	Fisgada	3	60
7	Calor	3	60
	Queimação	2	40
8	Ardor	3	60
9	Dolorida	2	40
10	Sensível	4	80
	Afetivo		
11	Cansativa	3	60
	Exausta	2	40
12	Enjoada	3	60
13	Amedrontadora	2	40
	Apavorante	1	20
	Aterrorizante	2	40
14	Castigante	3	60
	Cruel	1	20
15	Miserável	3	60
	Enlouquecedora	2	40
	Avaliativo		
16	Chata	2	40
	Desgastante	2	40
	Miscelânea		
17	Irraida	4	80
18	Aperta	2	40
	Repuxa	2	40
19	Fria	3	60
20	Aborrecida	4	80

Fonte: a autora, 2020.

9.1 VOLUNTÁRIOS

A seguir estão dispostos os resultados dos voluntários da pesquisa.

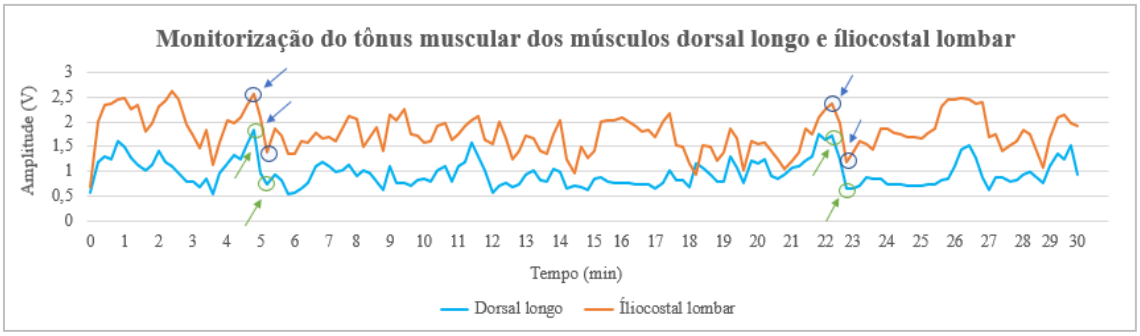
9.1.1 Voluntário 1

Sexo feminino, 31 anos, fisioterapeuta, apresenta IMC de 22,96, o que indica um peso adequado, com dor lombar referida há sete meses. Relata que houve período de crise álgica com duração de aproximadamente 10 dias. Não sedentária, e acredita que o período com quadro álgico foi devido a sobrecarga articular em seu ambiente de trabalho e na musculação.

A mesma não relatou desconforto durante os manuseios com o método Watsu e referiu uma melhora da dor após a sessão. Antes da intervenção com o Watsu de acordo com a Escala Visual Analógica, dor de intensidade 2 (dois), após o Watsu, não referiu incômodos, nível 0 (zero), o que na EVA representa ausência de dor.

Com a análise dos dados coletados mediante a sessão com o Watsu, gerou-se o gráfico referente ao tônus muscular dos músculos dorsal longo e íliocostal lombar (Figura 41).

Figura 41 – Gráfico de monitorização do tônus muscular dos músculos dorsal longo e íliocostal lombar do voluntário 1



Fonte: a autora, 2020.

No gráfico supracitado, é possível verificar a sincronia dos músculos eretores da coluna mediante a variação dos manuseios com o Watsu, além do incremento no tônus muscular

quando é modificado o manuseio, em razão do recrutamento muscular, como também com o posterior decréscimo, evidenciando o relaxamento do voluntário.

Observa-se ainda, que os picos de ativação da musculatura são mais frequentes nos minutos iniciais, e com o desenvolver da sessão, houve uma diminuição. Sendo mais expressiva a partir do 20.º minuto.

É possível observar algumas variações, tal variação representa a diminuição do tônus durante o manuseio com o Watsu. Do minuto 4 ao minuto 6, realizou-se os manuseios "oferecendo com uma e duas pernas", e "sanfona", o que proprocionou uma redução de 60% do tônus muscular para o músculo DL e 46% para o IL inicialmente, e posteriormente de 61% e 49%.

Nota-se uma redução gradativa e progressiva, no qual o pico de amplitude máxima atingido pelo músculo dorsal longo foi de 1,82V nos primeiros 5 minutos, e nos minutos finais, o 22.º foi de 1,74V, o que representou uma redução de 4,4%. Já o músculo íliocostal lombar foi de 2,6V nos minutos iniciais e o pico de amplitude mínimo foi de 2,5V nos minutos finais, o que representa uma redução percentual no tônus de 5,4%.

A partir do 22.º ao 26.º minuto, notou-se uma predominância na amplitude de 0,5 a 1,0V do musculo DL e uma quantidade menor de picos de ativação, que coincidiu com os movimentos: "voo livre", "alongar e ondular a coluna" e "algas". Podendo-se inferir que isso decorreu do menor contato com o recebedor e maior distância do apoio do terapeuta para a região que continha os eletrodos.

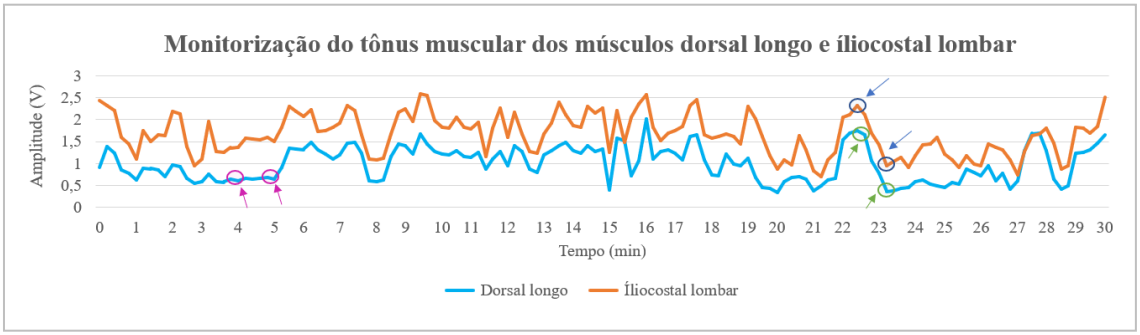
9.1.2 Voluntário 2

Sexo masculino, 48 anos, administrador, apresenta IMC de 30,7, o que pode sugerir obesidade. Praticante de musculação com frequência média de 4 vezes na semana.

O mesmo relata que o processo álgico começou há um ano, o que acredita estar acompanhado pelo ganho de peso. No que refere ao método Watsu, o voluntário relata que se percebeu tenso durante a sessão. O que pode ser justificado por nunca ter vivenciado a experiência com o Watsu.

Refere que inicialmente, antes da intervenção com o Watsu, seu grau de dor conforme a EVA foi de 3, e ao final da sessão a intensidade diminuiu para 2. O gráfico da monitorização do tônus muscular encontra-se na Figura 42.

Figura 42 – Gráfico de monitorização do tônus muscular dos músculos dorsal longo e íliocostal lombar do voluntário 2



Fonte: a autora, 2020.

Na Figura 42, similar ao voluntário 1, do minuto 4 ao minuto 5, realizou-se o mauseio “sanfona”. Nesse caso houve uma predominância da faixa de amplitude de 0,5 a 1,0V para o músculo DL. Notou-se que do 22.º ao 27.º minuto do músculo DL, também houve essa predominância em baixa amplitude, o que coincidiu com o movimento do “voo livre” até o “quieto”, que são manuseios de menor proximidade a região dos eletrodos.

Ainda semelhante ao voluntário 1, o voluntário 2 também apresentou ativação e relaxamento sincrônica, bem como uma frequência de ativação menor com o passar do tempo. Observa-se que a partir do 15.º minuto os picos de ativação estão mais espaçados. Além da amplitude manter-se em 0,5 a 1,0 V no DL do 23.º ao 26.º minuto e predominância de 1,0 a 1,5 V para o IL na mesma faixa de tempo.

Do 22.º ao 23.º minuto, o pico atingido pelo músculo IL foi de 2,3V e decaiu para 0,9V, o que representa uma redução de 59,4%. E no DL foi de 1,6V a 0,4V, representando uma queda de 76,9% nesse intervalo de tempo.

Embora o voluntário tenha relatado que se percebeu tensionado, pode-se observar que a musculatura eretora da coluna apresentou variação de tônus muscular.

9.1.3 Voluntário 3

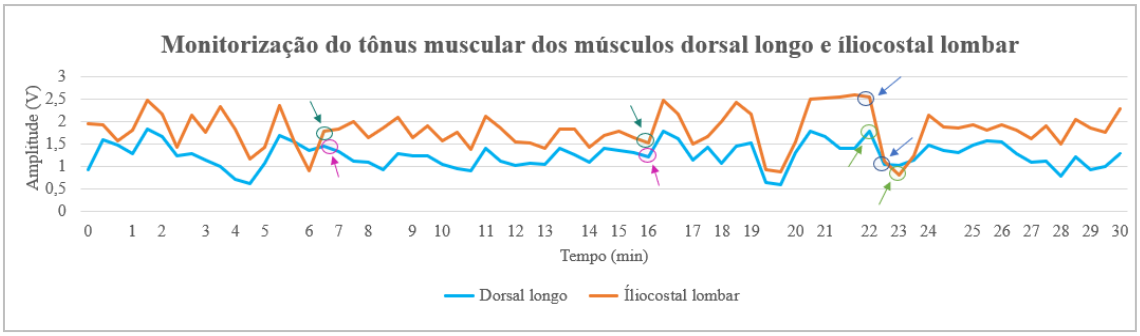
Sexo feminino, 24 anos, estudante, apresenta IMC de 21,5, o que sugere um peso adequado a idade, com dor lombar presente há 4 meses com irradiação para membro inferior direito, além de dormência na referida perna, sendo necessário o

acompanhamento fisioterapêutico por 4 vezes na semana. Não refere dor em outro segmento da coluna, apenas na região lombar.

No dia da sessão com o método Watsu, a voluntária queixava-se de dor com intensidade 4 na EVA, após os manuseios com o método Watsu, afirmou melhora do quadro álgico, com diminuição da intensidade para 1 na escala supracitada.

A monitorização do tônus muscula do DL e IL, encontram-se na Figura 43.

Figura 43 – Gráfico de monitorização do tônus muscular dos músculos dorsal longo e íliocostal lombar do voluntário 3



Fonte: a autora, 2020.

Observa-se na voluntária 3, do minuto 6 ao 16, o músculo DL permaneceu na faixa de amplitude de 1,0 a 1,5V e o músculo IL predominou entre 1,5 e 2,0V. Nesse intervalo de tempo realizou-se o manuseio de “rotação com a perna de dentro e fora” do lado esquerdo do terapeuta, até o mesmo movimento do lado direiro do terapeuta.

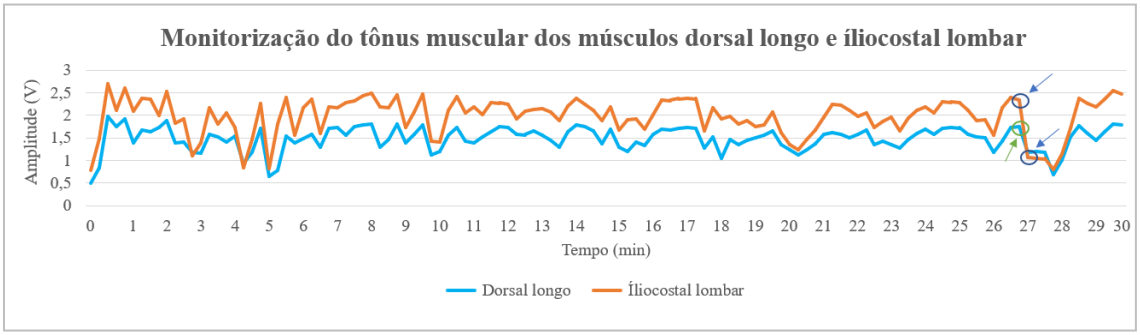
No 22.º ao 23.º minuto, semelhante ao voluntário 1 e 2 neste mesmo intervalo de tempo, houve diminuição do tônus no manuseio “voo livre”, caracterizado por uma redução de 37,5% do músculo DL e 67,6% do músculo IL, com variação das amplitudes de 1,8V para 1,1V e 2,6V para 0,8V.

9.1.4 Voluntário 4

Sexo feminino, 59 anos, comerciante, apresenta IMC de 21,99, o que indica um peso adequado, com dor lombar referida há 7 meses. Relata dores lombares há mais de 12 meses e que sua última crise álgica durou 3 dias, o que impediu de realizar suas atividades laborativas e funcionais.

A voluntária não referiu incômodos durante a execução com o método Watsu, e sinalizou alívio em região posteriormente a sessão, sinalizando intensidade 0 (zero) ao final e conferiu intensidade 7 ao início, no que refere a EVA. Após a análise dos dados coletados, o gráfico foi plotado (Figura 44).

Figura 44 – Gráfico de monitorização do tônus muscular dos músculos dorsal longo e íliocostal lombar do voluntário 4



Fonte: a autora, 2020.

Conforme esperado, há a sincronização entre os músculos eretores da coluna. No gráfico supracitado observa-se que do início ao minuto 10, houve uma frequência de ativação muscular maior que nos 10 minutos finais. E variação expressiva da ativação muscular no 27.º minuto, que coincidiu com o movimento de “algas” e “quieto”, similar ao voluntário 2. No músculo DL um decréscimo de 1,8V para 1,2V e no IL de 2,4V para 1,1V, o que representa respectivamente uma variação de 32,6% e 54,4%.

9.1.5 Voluntário 5

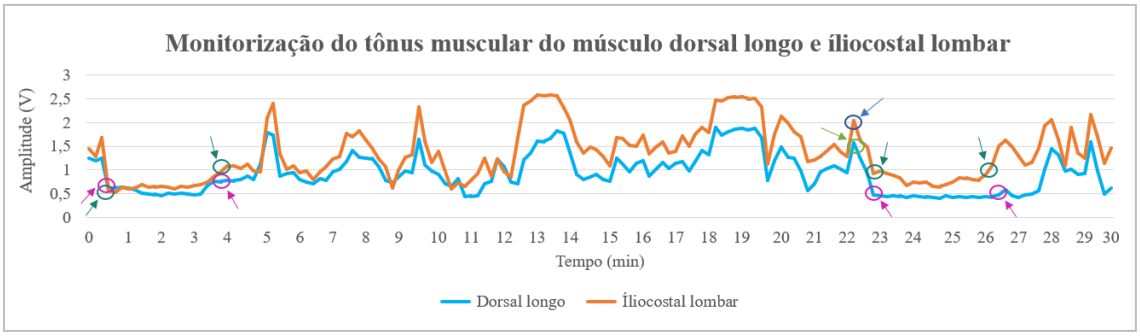
Sexo masculino, 53 anos, fisioterapeuta e professor, apresenta IMC de 25,7, o que pode sugerir sobrepeso. Praticante de musculação com frequência de três vezes na semana.

O mesmo relata que o processo álgico começou há alguns anos. No que refere ao método Watsu, o voluntário já vivenciou por diversas vezes a técnica, apresentando tranquilidade e confiança em toda a intervenção.

Inicialmente, antes da intervenção com o Watsu, seu grau de dor conforme a EVA, foi de 4, e ao final da sessão a intensidade diminuiu para 0 (zero). Não relatando incômodo durante a intervenção com o Watsu.

O gráfico da monitorização do tônus muscular está disposto na Figura 45.

Figura 45 – Gráfico de monitorização do tônus muscular dos músculos dorsal longo e íliocostal lombar do voluntário 5



Fonte: a autora, 2020.

No voluntário 5, notou-se que o mesmo conseguiu apresentar um relaxamento apesar da mudança dos manuseios iniciais, variando a amplitude 0,5V e 1,0V. O mesmo ocorreu nos minutos finais, entre o 23.º e o 26.º minuto nos músculos DL e IL.

Como o referido voluntário já apresentara vivência no método, pode-se sugerir que mesmo com a alternânica dos manuseios houve desprogramação muscular pela imersão em ambiente aquecido e também no desprendimento no que refere a segurança no método.

Nota-se também que os picos de ativação mantiveram-se regulares no decorrer do tempo, e a semelhança no traçado dos músculos compreendidos no gráfico.

Do 22.º ao 23.º minuto, semelhante aos voluntários anteriores, houve diminuição do tônus muscular ao realizar o manuseio de “voo livre” e de “alongar e ondular a coluna”, representando um decréscimo de 69,4% para o músculo DL e 54,5% para o IL.

Em todos os voluntários observou-se que entre os manuseios com o método Watsu, houve variação de ativação muscular e consequente relaxamento. E que apesar dessa variação, que pode decorrer do toque do terapeuta e do manuseio em si, notou-se que o pico de ativação incial foi maior que e o pico de ativação nos minutos finais, sugerindo também uma diminuição do tônus durante a sessão.

No que refere aos parâmetros aferidos antes e após a sessão com o Watsu, estão dispostos na Tabela 14. Na análise dos parâmetros hemodinâmicos, constatou-se que o

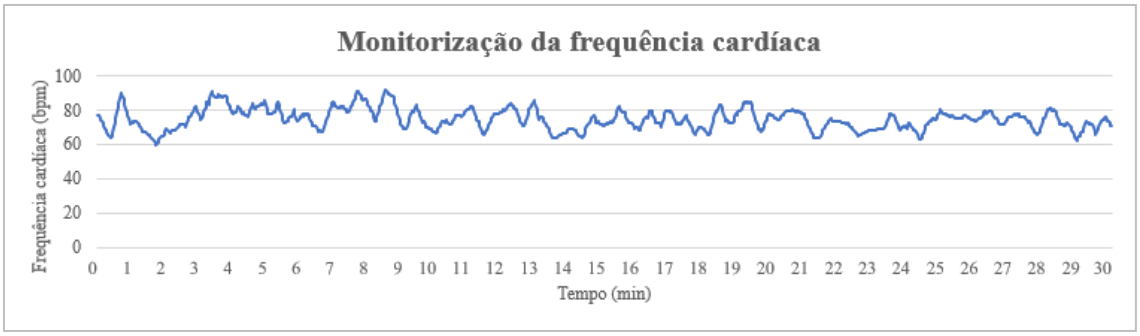
dispositivo desenvolvido realizou a monitorização dos voluntários, como os exemplos das Figuras 46 e 47.

Tabela 14 – Variáveis hemodinâmicas aferidas antes e após o Watsu

	Anterior ao Watsu		**Posterior ao Watsu**	
	Frequência cardíaca (bpm)	Saturação de oxigênio (%)	Frequência cardíaca (bpm)	Saturação de oxigênio (%)
Voluntário 1	78	97	71	97
Voluntário 2	78	97	79	95
Voluntário 3	65	96	74	96
Voluntário 4	60	94	64	94
Voluntário 5	78	93	64	93

Fonte: a autora, 2020.

Figura 46 – Monitorização da frequência cardíaca do voluntário 5



Fonte: a autora, 2020.

Figura 47 – Monitorização da saturação de oxigênio do voluntário 5

Fonte: a autora, 2020.

Observa-se que no voluntário 5, do exemplo supramencionado, tanto na frequência cardíaca como na oximetria foi possível o acompanhamento durante a sessão com o Watsu, e as variáveis mantiveram-se na faixa de normalidade.

Durante qualquer exercício físico, há alterações hemodinâmicas e em alguns indivíduos isso pode se tornar um risco para saúde, sendo relevante o monitoramento de tais parâmetros em ambiente aquático.

Conforme Ovando et al., 2009, a temperatura da água influência nos parâmetros hemodinâmicos, sendo importante a sua monitorização, para seguridade do indivíduo na realização da atividade nesse meio. A FC é utilizada para monitoramento do exercício em razão da sua intima relação com o consumo de oxigênio. Sendo ambos, preditores importantes na tomada de decisão clínica.

Em estudo randomizado realizado por Heathcote et al., 2019, que realizaram a imersão em água quente em corredores recreacionais após um protocolo que continha corrida, descanso e imersão em água aquecida, sugere que a imersão em água quente após exercício pode provocar aclimatação ao calor em indivíduos treinados em resistência e adaptação da FC conforme tempo de imersão. No referido estudo as frequências cardíacas foram maiores quando o tempo de imersão foi menor.

Corroborando com o estudo citado anteriormente, Zurawlwe, Mee e Walsh, em 2019, evidenciaram que a aclimatação ao calor por imersão em água quente pós-exercício em seis dias consecutivos reduz a tensão térmica e melhora o desempenho do exercício durante o estresse por calor, além de induzir adaptações.

Borges e Parizotto, 2001, observaram os efeitos fisiológicos de indivíduos com estresse submetidos ao Watsu. Constataram que a frequência cardíaca dos voluntários reduziu significativamente após cinco sessões de 50 minutos, variando a média inicial de 84 bpm a final de 78 bpm. Sugerindo também que o relaxamento muscular ocorrido, associado a vasodilatação, favorecem a diminuição da frequência nesses indivíduos.

Acosta em 2010, em seu estudo simples cego aleatorizado, comparou o relaxamento aquático passivo em água aquecida com o método Watsu e como este pode influenciar a percepção da dor. Observou que o método de Watsu é tão eficaz para o controle da dor quanto o método de relaxamento utilizado nos participantes da pesquisa.

Sobre o tônus muscular, a imersão em água aquecida e os manuseios com o Watsu favorecem a adequação do tônus, em razão das propriedades da água, temperatura e diminuição da ação da gravidade, conforme afirmam Gimenez e Castro,

2018 e Pastrello, Garcão e Pereira, 2009. E alterações no tônus muscular podem comprometer a funcionalidade e gerar processos álgicos, como as dores lombares, sendo importante a investigação através da eletromiografia para adequação da conduta terapêutica.

Cuesta-Vargas e Cano-Herrera, 2014, realizaram uma revisão sistemática acerca da eletromiografia de superfície durante exercício na água e observaram que a atividade muscular tende a ser menor em exercícios realizados em ambiente aquático aos exercícios realizados em ambiente terrestre, no entanto não houve definição sobre o motivo.

Em estudo de Masumoto, Delion e Mercer, 2009, os autores objetivaram comparar a atividade e os padrões musculares durante exercícios corrida em águas profundas e corrida em esteira. Constataram que em alguns músculos os níveis de atividade eram diferentes ou tenderam a ser mais baixas durante a corrida em águas profundas. Assemelhando se a revisão sistemática supramencionada.

Em atividades aquáticas há variação nos relatos eletromiográficos, e sugere-se que seja em razão das propriedades físicas da água, intensidade da atividade e a temperatura. Além da maioria dos instrumentos utilizados nos estudos não serem projetados para utilização em ambiente aquático, o que pode favorecer a não aquisição dos dados de maneira adequada e confiável.

Silvers e Dolny, 2011, utilizaram de EMG para quantificar a atividade muscular durante o exercício e entenderam que há variabilidade no que refere a EMG em virtude do ambiente aquático, temperatura da água, profundidade, e a familiaridade com a atividade a ser executada, corroborando com os achados da revisão sistemática dos autores mencionados anteriormente.

Tais autores, em seu estudo, realizaram a impermeabilização dos eletrodos com spray impermeabilizante e adesivos. Assim como Benfield, Newton e Hortobágyi em 2007, que realizaram um estudo com atividade eletromiográfica uterina externa durante a hidroterapia, para verificação sobre a impermeabilização de eletrodos, com três camadas de curativos impermeáveis e spray líquido.

Os autores suprareferidos revelam a necessidade da impermeabilização do eletrodo, o que difere da presente pesquisa, pois através de testes realizados em laboratório e em piscina térmica, foi verificado que o essencial para uma boa aquisição eletromiográfica é a aderência do gel do eletrodo a pele. E que ao colocar fixações

externas com o objetivo de fixar e impedir o desprendimento do eletrodo a pele, tal fixação pode comprimir e acarretar interferências no sinal captado. Foi constatado que há apenas a necessidade da fixação da parte adesiva do próprio eletrodo.

O diferencial da presente pesquisa para as demais encontradas, versa sobre o desenvolvimento de dispositivo resistente a água que realize o monitoramento em tempo real e do uso de um instrumento especifico para a faixa de ativação muscular pretendida. Pois os equipamentos comerciais apresentam faixa de 10-20Hz a 500Hz, o que pode captar com maior facilidade sinais de outros grupos musculares. Tal dispositivo pode adentrar em ambiente aquático sem possibilidade de prejuízo ao circuito, nem intercorrências pois o mesmo é alimentado por baterias de 9V.

10 CONCLUSÃO

Com o desenvolvimento de dispositivo resistente a água para a aferição, visualização e monitoramento de parâmetros hemodinâmicos e tônus muscular integrado e sua validação, torna-se possível a aquisição e monitoramento em tempo real em ambiente aquático.

Os resultados foram satisfatórios para validação do equipamento, em razão do cuidado na escolha dos componentes do circuito, das etapas de testes durante o processo e em especial a criação do filtro específico para o ambiente aquático. Inferindo na eficácia do dispositivo desenvolvido.

Sugere-se que ao estudar outro grupo muscular, haja um estudo prévio da frequência de ativação muscular. Pois, é relevante a adaptação do instrumento para a musculatura pretendida e assim, minimizar os artefatos provenientes de grupos musculares adjacentes no ambiente aquático. Visto que os equipamentos comerciais são inespecíficos para esse ambiente e captam com maior facilidade artefatos.

No que refere a proteção do eletrodo para a aquisição do sinal, observou-se que tal proteção não é necessária e quando usada poderá acarretar em interferências.

Ao que diz respeito a frequência cardíaca e saturação de oxigênio, a monitorização ocorreu sem intercorrências e mediante a sessão com o Watsu os valores se mantiveram na faixa de normalidade.

Por tratar-se de uma pesquisa para o desenvolvimento e validação, sugere-se que houve decréscimo do tônus muscular mediante o método Watsu, entretanto para assegurar essa diminuição se faz necessário um estudo experimental, com uma maior amostra.

Novos estudos com o instrumento desenvolvido, podem subsidiar o profissional de saúde quanto a tomada de decisão clínica e a continuidade ou não da intervenção em meio aquático. Além de possibilitar a comparação de atividades realizadas em ambiente terrestre e ambiente aquático, sendo uma ferramenta útil para transmitir as informações em tempo real para os profissionais de saúde.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACOSTA, A. M. C. Comparação da utilização das técnicas Watsu e relaxamento aquático em flutuação assistida nos sintomas de ansiedade, depressão e percepção da dor. 2010. Disponível em: http://tede.metodista.br/jspui/handle/tede/1448. Acesso em: 12 de janeiro de 2020.

AMARAL, J. L. G.; FERREIRA, A. C. P.; FEREZ, D. *et al*. Monitorização da respiração: Oximetria e Capnografia. **Rev Bras Anestesiol**, v. 42, p. 8, 1992. Disponível em: http://ebm.ufabc.edu.br/wp-content/uploads/2014/09/Amaral-1992-Monitoriza%C3%A7%C3%A3o-da-respira%C3%A7%C3%A3o-oximetria-e-capnografia.pdf. Acesso em: 25 de junho de 2018.

AN, J.; LEE, I., YI, Y. The Thermal Effects of Water Immersion on Health Outcomes: An Integrative Review. Int. J. Environ. **Res Public Health**, v. 16, 2019. Disponívem em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30974799/. Acesso em: 25 de julho de 2018.

ANALYTICS, C. Endnote X9 [Computer Software]. 2018. Disponível em: https://endnote.com/. Acesso em: 05 de outubro de 2018.

ANDRADE, S. C; ARAÚJO, A. G. R; VILAR, M. J. P. Escola de coluna: revisão histórica e sua aplicação na lombalgia crônica. **Rev Bras Reumatol**, v. 45, n. 4, p. 224-8, jul./ago., 2005. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0482-50042005000400006&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em: 12 de março de 2018.

ANTUNES, M. D.; VERTUAN, M. P.; MIQUILIN, A.; LEME, D. E. C.; MORALES, R. C.; OLIVEIRA, D. V. Efeitos do Watsu na qualidade de vida e quadro doloroso de idosas com fibromialgia. **ConScientiae Saúde,** v. 15, n. 4, p. 636-641, 2016. Disponível em: https://periodicos.uninove.br/index.php?journal=saude&page=article&op=viewFile&path%5B%5D=6756&path%5B%5D=3438. Acesso em: 12 de março de 2018.

ARAÚJO, T. L.; FARO, A. C. M.; LAGANÁ, M. T. C. Temperatura corporal: planejamento da assistência de enfermagem na verificação da temperatura; no atendimento da febre e da hipertermia maligna. **Rev Esc Enferm USP**, v. 26, n. 3, p. 315–324, 1992. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0080-62341992000300315&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em: 12 de março de 2018.

ARMSTRONG JÚNIOR, N.B. Sistema de reconhecimento de comandos baseados em sinais de eletromiografia (EMG). Curitiba, 2004. Disponível em: https://www.up.edu.br/blogs/engenharia-da-computacao/wp-content/uploads/sites/6/2015/06/2004.17.pdf. Acesso em: 27 de abril de 2018.

BARBOSA, F. S. S.; GONÇALVES, M. Análise da fadiga dos músculos eretores da espinha por meio da amplitude do sinal eletromiográfico durante contrações submáximas realizadas no Teste de Sorensen. **Rev Acta Bras Mov Humano,** v. 3, n. 4, p. 01-16, 2013. Disponível em:

http://www.periodicos.ulbra.br/index.php/actabrasileira/article/view/2868. Acesso em: 15 de março de 2018.

BELO, L. R.; LINS, O. G.; CUNHA, D. A.; AMORIM, C. F.; CASTRO, S. Eletromiografia de superfície da musculatura supra-hióidea durante a deglutição de idosos sem doenças neurológicas e idosos com Parkinson. **Rev CEFAC.** v. 11, n. 2, p. 268-280, 2009. Disponível em: https://www.scielo.br/pdf/rcefac/v11n2/v11n2a12. Acesso em: 16 de março de 2018.

BENFIELD, R. D.; NEWTON, E. R.; HORTOBÁGYI, T. Waterproofing EMG instrumentation. **BIOL RES NURS**, v. 8, n. 3, p. 195-201, 2007. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17172318/. Acesso em: 22 de janeiro de 2020.

BERNARDES, D. F. F.; GOMEZ, M. V. S. G.; BENTO, R. F. Surface electromyography in peripheral facial paralysis patients. Rev CEFAC. vol.12, n.1, 2010. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-18462010000100012&lang=pt. Acesso em: 16 de março de 2018.

BORGES, G. R. A.; SANTOS, V. A.; SILVA, H. J. Use of surface electromyography and behavior analysis of orofacial musculature. **Rev Bras Queimaduras**, v. 15, n. 1, p. 58-63, 2016. Disponível em: https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/lil-795494. Acesso em: 16 de abril de 2018.

BORGES, R. M.; PARIZOTTO, N. A. Análise dos efeitos fisiológicos em pacientes com estresse submetidos à técnica Watsu. **Fisioter. Bras.** v. 2, n. 1, p. 33-40, 2001. Disponível em: https://portalatlanticaeditora.com.br/index.php/fisioterapiabrasil/article/view/623. Acesso em: 10 de janeiro de 2020.

BOTTURA, A. P.; ACCACIO, L. M. P; MAZZITELLI, C. Effects of a kinesiotherapy and aquatic physiotherapy program onto the neuropsychomotor development of a patient with Prader-Willi syndrome. **Fisioter Pesq**, v. 13, n. 3, p. 67-75, 2006. Disponívem em: http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:-zDsFXJWPPMJ:www.revistas.usp.br/fpusp/article/download/76315/80033+&cd=1&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br. Acesso em: 16 de abril de 2018.

BUNAZAR, P. A. S.; *et al.* Avaliação da saturação de oxigênio após transporte de pacientes da sala cirúrgica para a sala de recuperação pós anestésica em um hospital universitário. **Rev de Extensão**, v. 2, n. 2, 2017. Disponível em: http://periodicos.unesc.net/revistaextensao/article/view/3782. Acesso em: 28 de março de 2018.

CAMINITI, G.; VOLTERRANI, M.; MARAZZI, G.; *et al*. Hydrotherapy added to endurance training versus endurance training alone in elderly patients with chronic heart failure: A randomized pilot study. **Int J Cardiol Heart Vasc**, v. 148, n. 2, p. 199–203, 2011. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19942303/. Acesso em: 07 de janeiro de 2018.

CAMPION, M. R. Hidroterapia – Princípios e prática. 1ª edição. São Paulo: Manole, 2000.

CANDELORO, J. M.; CAROMANO, F. A. Discussão crítica sobre o uso da água como facilitação, resistência ou suporte na hidrocinesioterapia. **Acta Fisiátrica**, v. 13, n. 1, p. 7-11, 2006. Disponível em: https://www.revistas.usp.br/actafisiatrica/article/view/102535/100829. Acesso em: Acesso em: 30 de maio de 2018.

CANDELORO, J. M.; CAROMANO, F. A. Revisão e atualização sobre a graduação da resistência ao movimento durante a imersão na água. **Fisioter. Bras,** v. 5, n. 1, p. 1-5, 2004. Disponível em: file:///C:/Users/ketur/Desktop/Relat%C3%B3rio%20final%20CEP/2104-12128-1-PB.pdf. Acesso em: 30 de maio de 2018.

COSTA, S. B.; ASSIS, T. O. Hidrocinesioterapia como tratamento de escolha para lombalgia gestacional. **Tema**, v. 14, n. 9, p. 1-8, 2010. Disponível em: http://revistatema.facisa.edu.br/index.php/revistatema/article/view/41. Acesso em: 02 de maio de 2018.

CARREGARO, R. L.; DE TOLEDO, A. M. Efeitos fisiológicos e evidências científicas da eficácia da fisioterapia aquática. **Rev Movimenta**, v.1, n.1, p. 6, 2008. Disponível em: https://www.revista.ueg.br/index.php/movimenta/article/view/7235. Acesso em: 30 de maio de 2018.

CAROMANO, F. A.; THEMUDO FILHO, M. R. F.; CANDELORO, J. M. Efeitos fisiológicos da imersão e do exercício na água. **Rev Fisioter Bras**, v. 4, n. 1, p. 65-74, 2003. Disponível em: http://dx.doi.org/10.33233/fb.v4i1.3001. Acesso em: 02 de maio de 2018.

CARVALHO, A. P. V; SILVA, V.; GRANDE, A. L. Avaliação do risco de viés de ensaios clínicos randomizados pela ferramenta da colaboração Cochrane. **Diagn Tratamento.** v. 18, n. 1, p. 38-44, 2013. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/306151902. Acesso em: 05 de novembro de 2019.

CASTILLO-LOZANO, R.; CUESTA-VARGAS, A. I. A comparison land-water environment of maximal voluntary isometric contraction during manual muscle testing through surface electromyography. **Sports Med Arthrosc Rehabil Ther Technol**, v. 5, n. 1, 2013. Disponível em: https://bmcsportsscimedrehabil.biomedcentral.com/articles/10.1186/2052-1847-5-28. Acesso em: 06 de dezembro de 2018.

CLARYS, J. P. Hydrodynamics and electromyography: ergonomics aspects in aquatics. **Appl Ergon**, v. 16, n. 1, p. 11-24, 1985. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0003687085901437. Acesso em: 13 de março de 2018.

CUESTA-VARGAS, A. I.; CANO-HERRERA, C. L.. Surface electromyography during physical exercise in water: a systematic review. **BMC Sports Sci Med Rehabil**, v. 6, n. 1, p. 15, 2014. Disponível em: https://bmcsportsscimedrehabil.biomedcentral.com/articles/10.1186/2052-1847-6-15. Acesso em: 22 de dezembro de 2019.

CUNHA, M. G., CAROMANO, F. A. Efeitos fisiológicos da imersão e sua relação com a privação sensorial e o relaxamento em hidroterapia. **Rev. Ter. Ocup. Univ.** São Paulo, v. 14, n. 2, p. 95-103, maio/ago. 2003. Disponível em: http://www.revistas.usp.br/rto/article/view/13922. Acesso em: 24 julho de 2018.

CUNHA, M. C. B.; ALONSO, A. C.; SILVA, T. M.; RAPHAEL, A. C. B.; MOTA, C. F. Ai Chi: Efeitos do Relaxamento Aquático no Desempenho Funcional e Qualidade de Vida em Idosos. **Fisioter Mov.** Curitiba, v. 23, n. 3, p. 409-417, 2010. Disponível em: https://www.scielo.br/pdf/fm/v23n3/a08v23n3.pdf. Acesso em: 24 julho de 2018.

CUNHA, B. O. Análise da oximetria no exercício resistido. Trabalho de Conclusão de Curso - Faculdade de Ciências da Educação e Saúde Centro Universitário de Brasília, Brasília, 2019. Disponível em: https://repositorio.uniceub.br/jspui/handle/prefix/13873. Acesso em: 05 de junho de 2018.

DULL, H. Watsu: exercícios para o corpo na água. 1ª edição. São Paulo: Summus Editorial, 2001.

FERREIRA, R. A. P. O comportamento da frequência cardíaca em atividades aquáticas. p. 31, 2010. Disponível em: http://www.eeffto.ufmg.br/eeffto/DATA/defesas/20150714170759.pdf. Acesso em: 12 de julho de 2018.

FUJISAWA, H.; SUENAGA, N.; MINAMI, A. Electromyographic study during isometric exercise of the shoulder in head-out water immersion. **J Shoulder Elbow Surg**, v. 7, n. 5, p. 497-494, 1998. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1058274698902002. Acesso em: 13 de março de 2018.

GIMENEZ, M. F; DE CASTRO, N. H. S. Efeito da técnica de Watsu na qualidade do sono e espasticidade em adolescentes com paralisia cerebral: série de casos. **Unisanta Health Science**, v. 2, n. 1, p. 42-50, 2018. Disponível em: https://periodicos.unisanta.br/index.php/hea/article/view/1636. Acesso em: 27 de dezembro de 2019.

GOSLING, A. P. Physical therapy action mechanisms and effects on pain management. **Rev Dor**. São Paulo, v. 13, n. 1, p. 65-70, 2013. Disponível em: https://doi.org/10.1590/S1806-00132012000100012. Acesso em: 12 de março de 2018.

GRAEF, F. I.; KRUEL, L. F. M. Frequência cardíaca e percepção subjetiva do esforço no meio aquático: diferenças em relação ao meio terrestre e aplicações na prescrição do exercício - uma revisão. **Rev Bras Med Esporte**, v. 12, n. 4, p. 221–228, 2006.

Disponível em: https://www.scielo.br/pdf/rbme/v12n4/11.pdf. Acesso em: 25 de junho de 2018.

HEATHCOTE, S. Louise et al. How does a delay between temperate running exercise and hot-water immersion alter the acute thermoregulatory response and heat-load? **Front Physiol**, v. 10, p. 1381, 2019. Disponível em: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6886377/. Acesso em: 26 de dezembro de 2019.

HERMENS, H. J.; FRERIKS, B.; DISSELHORST-KLUG, C.; RAU, G. Development of recommendations for SEMG sensors and sensor placement procedures**. J Electromyogr Kinesiol**, v. 10, p. 361-374, 2000. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11018445/. Acesso em: 22 de março de 2018.

KIM, Myung-chul; HAN, Seul-ki; KIM, Seung-kyun. Changes in the Range of Motion of the Hip Joint and the Muscle Activity of the Rectus Femoris and Biceps Femoris of Stroke Patients during Obstacles Crossing on the Ground and Underwater. **Journal of Physical Therapy Science**, v. 26, n. 8, p. 1143–1146, 2014. Disponível em: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4155208/. Acesso em: 12 de julho de 2018.

KRELING, M. C. G; CRUZ, D. A. L. M.; PIMENTA, C. A. M. Prevalência de dor crônica em adultos. **Rev Bras Enferm**, v. 59, n. 4, p. 509-513, 2006. Disponível em: https://www.scielo.br/pdf/reben/v59n4/a07v59n4.pdf. Acesso em: 04 de Agosto de 2018.

LAMEZON, A. C.; PATRIOTA, A. L. V. F. Eficácia da fisioterapia aquática aplicada a gestantes para prevenção e tratamento da lombalgia - revisão sistemática. **Revista Terra e Cultura.** V. 21, n. 41, p. 127-132, 2005. Disponível em: https://web.unifil.br/docs/revista_eletronica/terra_cultura/41/Terra%20e%20Cultura_41-14.pdf. Acesso em: em: 24 julho de 2018.

LEE, B.; KIM, G.; JO, Y.; LEE, B.; SHIN, Y.; HONG, C. Aquatic Exercise at Thermoneutral Water Temperature Enhances Antitumor Immune Responses. **Immune Netw**, v. 19, n. 2, 2019. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31089437/. Acesso em: 12 de março de 2018.

LIBERATI, A. et al. The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate healthcare interventions: explanation and elaboration. **BMJ,** v. 339, p. b2700, 2009. Disponível em: https://doi.org/10.1136/bmj.b2700. Acesso em: 02 de dezembro de 2019.

LIMA, F. R.; OLIVEIRA, N. Gravidez e Exercício. **Rev Bras Reumatol**. v. 45, n. 3, p. 188-190, 2005. Disponível em: https://www.scielo.br/pdf/rbr/v45n3/v45n3a19.pdf. Acesso em: 12 de março de 2018.

LIRA, G. P. Análise da dor lombar por meio do teste de Sorensen. 2015. 31 f. Trabalho de conclusão de curso (bacharelado - Educação Física) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Rio Claro, 2015. Disponível em: https://repositorio.unesp.br/handle/11449/136566. Acesso em: 15 de março de 2018.

LIRA, G. P. Análise da atividade muscular em diferentes tipos de levantamento terra. Rio Claro, 2018. Disponível em: https://repositorio.unesp.br/handle/11449/153782. Acesso em: 16 de abril de 2018.

MACIEL, B. L.; *et al*. Oxigenoterapia relacionada com a saturação periférica de oxigênio em pacientes na sala de recuperação anestésica. **Rev. SOBECC**, v. 22, n. 2, p. 60-67, 2017. Disponível em: https://revista.sobecc.org.br/sobecc/article/view/140. Acesso em: 11 de maio de 2019.

MALTA, D. C. et al. Fatores associados à dor crônica na coluna em adultos no Brasil. **Rev Saúde Pública**, v. 51, p. 9s, 2017. Disponível em: https://www.scielo.br/pdf/rsp/v51s1/pt_0034-8910-rsp-S1518-87872017051000052.pdf. Acesso em: 04 de agosto de 2018.

MARCHETTI, P.H.; DUARTE, M. Instrumentação em eletromiografia. São Paulo, 2006. Disponível em: http://ebm.ufabc.edu.br/publications/md/EMG.pdf. Acesso em: 10 de dezembro de 2019.

MARIANO, D. et al. A guide to performing systematic literature reviews in bioinformatics. 2017. Disponível em: https://arxiv.org/abs/1707.05813. Acesso em: 21 de Janeiro de 2019.

MARINHO-BUZELLI, A. R.; ZALUSKI, A. J.; MANSFIELD, A.; BONNYMAN, A. M.; MUSSELMAN, K. E. The use of aquatic therapy among rehabilitation professionals for individuals with spinal cord injury or disorder. **J Spinal Cord Med**, v. 42, 2019. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31573458/. Acesso em: 15 de dezembro de 2019.

MARSURA, A.; SANTOS, M. P.; SILVIA, M. A.; SENA, R. O.; MENDES, T. C. A.; LEITE, A. ; SILVA, A. M. A interferência da alteração de tônus sobre a reabilitação fisioterapêutica após lesões neurológicas. Saúde Foco, v. 6, p. 7-11, 2012. Disponível em: http://portal.unisepe.com.br/unifia/wp-content/uploads/sites/10001/2018/06/1a_interferencia.pdf. Acesso em: 27 de abril de 2018.

MARTINEZ, J. E.; GRASSI, D. C.; MARQUES, L. G. Análise da aplicabilidade de três instrumentos de avaliação de dor em distintas unidades de atendimento: ambulatório, enfermaria e urgência. **Rev Bras Reumatol**, v. 51, n. 4, p. 304–308, 2011. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0482-50042011000400002&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em: 26 de agosto de 2018.

MASUMOTO, K.; TAKASUGI, S.; NOBORU, H.; KAZUTAKA, F.; IWAMOTO, Y. Electromyographic Analysis of Walking in Water in Healthy Humans. **J Physiol Anthropol Appl Human Sci**, v. 23, p. 119–127, 2004. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15314269/. Acesso em: 30 de maio de 2018.

MASUMOTO, Kenji; DELION, David; MERCER, John A. Insight into muscle activity during deep water running. **Med Sci Sports Exerc**, v. 41, n. 10, p. 1958-1964, 2009.

Disponível em: https://kyushu-u.pure.elsevier.com/en/publications/insight-into-muscle-activity-during-deep-water-running. Acesso em: 22 de dezembro de 2019.

MAXIM INTEGRATED PRODUCTS, INC. Pulse Oximeter and Heart-Rate Sensor IC for Wearable Health, 2014 [online]. Disponível em: https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/879178/MAXIM/MAX30100.html. Acesso em: 02 de outubro de 2019.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Diretrizes metodológicas na elaboração de uma revisão sistemática e metanálise de ensaios clínicos randomizados. 1ª edição. Brasília – DF: Editora do Ministério da Saúde, 2012. Disponível em: http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/diretrizes_metodologicas_fatores_risco_prognostico.pdf. Acesso em: 12 de novembro de 2018.

MÜLLER, F. G.; SANTOS, E.; TARTARUGA, L. P.; LIMA, W. C.; KRUEL, L. F. M. Comportamento da frequência cardíaca em indivíduos imersos em diferentes temperaturas de água. **R Min Educ Fís.** v. 9, n. 1, p. 07-23, 2001. Disponível em: http://docplayer.com.br/19639018-Comportamento-da-frequencia-cardiaca-em-individuos-imersos-em-diferentes-temperaturas-de-agua-1.html. Acesso em: 24 julho de 2018.

MÜLLER, E. S. M. , BLACK, G. L., FIGUEIREDO, P. P., KRUEL, L. F. M., HANISCH, C., APPELL, H. J. Comparação eletromiográfica do exercício abdominal dentro e fora da água. **Rev Port Cien Desp**, v. 5, n. 3, p. 255-265, 2005. Disponível em: http://www.scielo.mec.pt/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1645-05232005000300002. Acesso em: 12 julho de 2018.

NASCIMENTO, P. R. C.; COSTA, L. O. Prevalência da dor lombar no Brasil: uma revisão sistemática. **Cad Saúde Pública**, v. 31, n. 6, p. 1141-1155, 2015. Disponível em: https://www.scielo.br/pdf/csp/v31n6/0102-311X-csp-31-6-1141.pdf. Acesso em: 04 de agosto de 2018.

NORMAN, M. FRDM-KL25Z User's Manual. **FRDM-KL25Z User's Manual**, p. 14, 2012. Disponível em: https://www.mouser.com/pdfdocs/FRDM-KL25Z.pdf. Acesso em: 02 de outubro de 2019.

ORTOLAN, R. L. Estudo e avaliação de técnicas de processamento do sinal mioelétrico para o controle de sistemas de reabilitação. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2002. Disponível em: https://teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18133/tde-19112002-153337/publico/Dissertacao_ortolan.pdf. Acesso em: 12 julho de 2018.

ONUKI, D. M. Sistema de Análise em Frequência de Filtros Analógicos. Curitiba, 2005. Disponível em: https://www.up.edu.br/blogs/engenharia-da-computacao/wp-content/uploads/sites/6/2015/06/2005.6.pdf. Acesso em: 27 de abril de 2018.

OVANDO, A. C. et al. Efeito da temperatura da água nas respostas cardiovasculares durante a caminhada aquática. **Rev Bras Med Esporte**, v. 15, n. 6, p. 415-419, 2009.

Disponível em: https://www.scielo.br/pdf/rbme/v15n6/a02v15n6.pdf. Acesso em: 27 de dezembro de 2019.

PASTRELLO, F. H. H.; GARCÃO, D. C.; PEREIRA, K. Método Watsu como recurso complementar no tratamento fisioterapêutico de uma criança com paralisia cerebral tetraparética espástica: estudo de caso. **Fisioter Mov**.v.22, n. 1, p. 95-102, 2009. Disponível em: https://periodicos.pucpr.br/index.php/fisio/article/viewFile/19369/18717. Acesso em: 18 de junho de 2019.

PEREIRA JÚNIOR, I. E. Desenvolvimento de um oxímetro de pulso. Monografia (Bacharelado em Engenharia Biomédica) – Universidade de Brasília, Brasília, 2014. Disponível em: https://bdm.unb.br/bitstream/10483/11331/1/2014_IraniEliasPereiraJunior.pdf. Acesso em: 28 de março de 2018.

PERGOLIZZI, J. V.; LEQUANG, J. A. Rehabilitation for Low Back Pain: A Narrative Review for Managing Pain and Improving Function in Acute and Chronic Conditions. **Pain and Therapy**, p. 1-14, 2020. Disponível em: https://link.springer.com/article/10.1007/s40122-020-00149-5. Acesso em: 04 de agosto de 2018.

PIMENTA, C. A. M.; TEIXEIRA, M. J. Adaptation of McGill questionnaire to portuguese language. **Rev Esc Enferm**, v. 30, n. 3, p. 473-483, 1996. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0080-62341996000300009&script=sci_abstract. Acesso em: 26 de agosto de 2018.

PINTO, C.; SALAZAR, A. P.; MARCHESE, R. R.; STEIN, C.; PAGNUSSAT, A. S. The Effects of Hydrotherapy on Balance, Functional Mobility, Motor Status, and Quality of Life in Patients with Parkinson Disease: A Systematic Review and Meta-analysis, PM&R, 2018. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30884205/. Acesso em: 22 de julho de 2018.

POLITO, M. D.; FARINATTI, P. T. V. Respostas de frequência cardíaca, pressão arterial e duplo-produto ao exercício contra-resistência: uma revisão da literatura. **Rev Port Cien Desp**, v. 2003, n. 1, p. 79–91, 2003. Disponível em: https://rpcd.fade.up.pt/_arquivo/artigos_soltos/vol.3_nr.1/2.1.revisao.pdf. Acesso em: 05 de junho de 2019.

POYHONEN, T., KESKINEN, K. L., HAUTALA, A., *et al*. Human isometric force production and electromyogram activity of knee extensor muscle in water ando n dry land. **Eur J APPL Physiol Occup Physiol,** v. 80, n. 1, p. 52-56, 1999. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/12930763_Human_isometric_force_production_and_electromyogram_activity_of_knee_extensor_muscles_in_water_and_on_dry_land. Acesso em: 13 de julho de 2018.

PÖYHÖNEN, T.; KYRÖLÄINEN, H.; KESKINEN, K. L.; HAUTALA, A. J.; SAVOLAINEN, J.; MÄLKIÄ, E. Electromyographic and kinematic analysis of

therapeutic knee exercises under water. **Clin Biomech**, v. 16, n. 6, p. 496-504, 2001. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11427292/. Acesso em:16 de abril de 2018.

RAIVIS STROGONOVS. Implementing pulse oximeter using MAX30100, 2017 [online]. Disponível em: https://morf.lv/implementing-pulseoximeter-using-max30100. Acesso em: 02 de outubro de 2019.

RESENDE, S. M.; RASSI, C. M.; VIANA, F. P. Efeitos da hidroterapia na recuperação do equilíbrio e prevenção de quedas em idosas. **Rev Bras Fisioter**, São Carlos, v.12, n.1, p.57-63, 2008. Disponível em: https://www.scielo.br/pdf/rbfis/v12n1/11.pdf. Acesso em: 22 de março de 2018.

RIBAS, D. I. R.; ISRAEL, V, L.; MANFRA, E. F.; ARAUJO, C. C**.** Estudo comparativo dos parâmetros angulares da marcha humana em ambiente aquático e terrestre em indivíduos hígidos adultos jovens. **Rev Bras Med Esporte** . v. 13, n. 6, 2007. Disponível em: https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/lil-487264. Acesso em: 24 julho de 2018.

RUOTI, R.G.; MORRIS, D.M.; COLE, A.J. Reabilitação Aquática. 1 ed. São Paulo: Manole, 2000.

SANTOS, C. C.; PEREIRA, L. S. M.; RESENDE, M. A.; MAGNO, F.; AGUIAR, V. Aplicação da versão brasileira do questionário de dor McGill em idosos com dor crônica. **Acta Fisiátr**, São Paulo, v. 13, n. 2, p. 75-82, 2006. Disponível em: http://www.revistas.usp.br/actafisiatrica/article/view/102586. Acesso em: 26 de agosto de 2018.

SARDÁ JÚNIOR, J. A.; NICHOLAS, M. K.; PIMENTA, C. A. M.; *et al.* Validação do questionário de incapacidade Roland Morris para dor em geral. **Rev Dor**, v. 11, n. 1, p. 28-36, 2010. Disponível em: http://files.bvs.br/upload/S/1806-0013/2010/v11n1/a1496.pdf. Acesso em: 26 de agosto de 2018.

SCHITTER, A. M.; NEDELJKOVIC, M.; BAUR, H.; *et al*. Effects of Passive Hydrotherapy WATSU (WaterShiatsu) in the Third Trimester of Pregnancy: Results of a Controlled Pilot Study. **Evid Based Complement Alternat Med**, v. 2015, p. 1–10, 2015. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25815033/. Acesso em: 24 julho de 2018.

SEBBEN, V.; PERUSSOLO, C.; GUEDES, J. M.; TOURINHO, H. F. Tratamento hidroterapêutico na dor lombar em gestantes. **Rev Perspectiva.** Erechim, v. 35, n. 129, p. 167-175, 2011. Disponível em: http://www.uricer.edu.br/site/pdfs/perspectiva/129_164.pdf. Acesso em: 02 de junho de 2019.

SENIAM (2018). “SENIAM: European Recommendations for Surface Electromyography.” Disponível em: http://www.seniam.org. Acesso em: 15 nov 2018.

SHAMSI, M., SAFARI, A., SAMADZADEH, S. et al. The prevalence of musculoskeletal pain among above 50-year-old population referred to the Kermanshah-Iran health bus in 2016. **BMC Res Notes.** v. 13, n. 72, 2020. Disponível em: https://bmcresnotes.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13104-020-4940-6. Acesso em: 13 de fevereiro de 2020.

SHUMWAY-COOK, A.; WOOLLACOTT, M. H. Controle motor: teoria e aplicações praticas. 3ª ed. Barueri, São Paulo: Manole; 2010.

SILVA, M. C.; FASSA, A. G.; VALLE, N. C. J. Dor lombar crônica em uma população adulta do Sul do Brasil: prevalência e fatores associados. **Cad. Saúde Pública**. vol.20, n.2, pp.377-385, 2004. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-311X2004000200005&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em: 04 de agosto de 2018.

SILVERS, W. Matthew; DOLNY, Dennis G. Comparison and reproducibility of sEMG during manual muscle testing on land and in water. **J Electromyogr Kinesiol** , v. 21, n. 1, p. 95-101, 2011. Disponível em: https://europepmc.org/article/med/20965128. Acesso em: 23 de dezembro de 2019.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CARDIOLOGIA. V Diretrizes de Monitorização Ambulatorial da Pressão Arterial (MAPA) e III Diretrizes de Monitorização Residencial da Pressão Arterial (MRPA). **Arq Bras Cardiol**. v. 97, n. 3, p. 1-24, 2011. Disponível em: https://www.scielo.br/pdf/abc/v97n3s3/v97n3s3a03.pdf. Acesso em: 11 de maio de 2019.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CARDIOLOGIA. VI Diretrizes de Monitorização Ambulatorial da Pressão Arterial e 4ª Diretrizes de Monitorização Residencial da Pressão Arterial. **Arq Bras Cardiol**, v. 110, n. 5, 2018. Disponível em: http://publicacoes.cardiol.br/2014/diretrizes/2018/01_diretriz-mapa-e-mrpa.pdf. Acesso em: 11 de maio de 2019.

SPOLAOR, F.; VOLPE, D.; PAVAN, D.; *et al*. Surface EMG analysis in Parkinson disease patients before and after underwater gait training. **Gait & Posture**, v. 57, p. 53–54, 2017. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/318327095. Acesso em: 06 de dezembro de 2018.

STAN, A. E. Psychological effects of aquatic activity in hydrotherapy programs. **Marathon**, v. 5, n. 2, p. 205-209, 2013. Disponível em: https://ideas.repec.org/a/rom/marath/v5y2013i2p205-209.html. Acesso em: 12 de março de 2018.

TEIXEIRA, P. M. R. et al. Instrumentos de avaliação da intensidade do tônus muscular na pessoa após acidente vascular cerebral. **Rev Inv Enf**, 2017. Disponível em: http://hdl.handle.net/10400.17/2720. Acesso em: 27 de abril de 2018.

TREEDE, R. D.; et al. A Classification of Chronic Pain for ICD-11, **Pain**. v. 156, p. 1003-1007, 2015. Disponível em: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4450869/. Acesso em: 04 de agosto de 2018.

VALLIM, A. L.; OSIS, M. J.; CECATTI, J. G.; BACIUK, É. P.; SILVEIRA, C.; CAVALCANTE, S. R. Water exercises and quality of life during pregnancy. **Reprod Heal**. v. 8, n. 14, 2011. Disponível em: https://reproductive-health-journal.biomedcentral.com/articles/10.1186/1742-4755-8-14. Acesso em: 12 de março de 2018.

VANDERLEI, L. C. M.; PASTRE, C. M.; HOSHI, R. A.; *et al.* Basic notions of heart rate variability and its clinical applicability. **Rev Bras Cir Cardiovasc**, v. 24, n. 2, p. 205–217, 2009. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0102-76382009000200018&lng=pt&nrm=i&tlng=en. Acesso em: 11 de maio de 2019.

VERONESI, R. L. M. RTRASSOC51 - Módulo de Comunicação I2C Reconfigurável. rI2C. Monografia (Mestrado em Ciência da Computação) – Centro Universitário Eurípides de Marília, 2005. Disponível em: http://livros01.livrosgratis.com.br/cp005355.pdf. Acesso em: 02 de outubro de 2019.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Obesity and overweight. Factsheet; 2017.

ZAFFALON JÚNIOR, J. R.; VIANA, A. O.; DE MELO, G. E. L.; *et al*. The impact of sedentarism on heart rate variability (HRV) at rest and in response to mental stress in young women. **Physiol Rep**, v. 6, n. 18, p. 13873, 2018. Disponível em: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6148327/. Acesso em: 02 de maio de 2019.

ZURAWLEW, M. J.; MEE, J. A.; WALSH, N. P. Post-exercise hot water immersion elicits heat acclimation adaptations that are retained for at least two weeks. **Front Physiol** , v. 10, p. 1080, 2019. Disponível em: https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fphys.2019.01080/full. Acesso em: Acesso em: 28 de dezembro de 2019.

APÊNCIDE A - LISTA DE CHECAGEM

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO

MONITORAMENTO DE PARÂMETROS HEMODINÂMICOS NÃO INVASIVOS E TÔNUS MUSCULAR DENTRO E FORA DA ÁGUA

LISTA DE CHECAGEM **Nº.**

1. □ Feminino □ Masculino	
2. Maior ou igual a 18 anos e menor ou igual a 60 anos:	□ Sim □ Não
3. Histórico de dor lombar, superior a 6 meses:	□ Sim □ Não
4. Hipertensão arterial sistêmica grave/descontrolada:	□ Sim □ Não
5. Déficit motor, visual ou cognitivo com grau de limitação severo, atestado por um médico especialista:	□ Sim □ Não
6. Doença renal:	□ Sim □ Não
7. Infecção urinária:	□ Sim □ Não
8. Afecções cutâneas que obtenham contraindicação para o uso de piscina:	□ Sim □ Não
9. Em uso relaxantes musculares:	□ Sim □ Não
10. Histórico de fraturas, lesões ou procedimentos cirúrgicos em coluna vertebral:	□ Sim □ Não
11. Deformidades posturais que limitem os manuseios do método:	□ Sim □ Não
12. Distúrbios vestibulares e/ou cerebelares:	□ Sim □ Não

Assinatura Pesquisador Responsável

APÊNCIDE B - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

(PARA MAIORES DE 18 ANOS OU EMANCIPADOS - Resolução 466/12)

Convidamos a Sr(a). para participar como voluntário da pesquisa intitulada **"MONITORAMENTO DE PARÂMETROS HEMODINÂMICOS NÃO INVASIVOS E TÔNUS MUSCULAR DENTRO E FORA DA ÁGUA",** que está sob a responsabilidade da pesquisadora principal, Kétura Rhammá Cavalcante Ferreira, telefone: 9.96727971, e-mail: ketura.cavalcante@hotmail.com, no endereço: Rua Professor Augusto Lins e Silva, 626, Boa Viagem, Recife – PE, CEP: 51030-030, e está sob a orientação do professor Marco Aurélio Benedetti, telefone: 9.9650-4212, e-mail: mabrbenedetti@gmail.com.

Todas as suas dúvidas podem ser esclarecidas com o responsável por esta pesquisa. Apenas quando todos os esclarecimentos forem dados e você concorde com a realização do estudo, pedimos que rubrique as folhas e assine ao final deste documento, que está em duas vias. Uma via lhe será entregue e a outra ficará com o pesquisador responsável.

Você estará livre para decidir participar ou recusar-se. Caso não aceite participar, não haverá nenhum problema, desistir é um direito seu, bem como será possível retirar o consentimento em qualquer fase da pesquisa, também sem nenhuma penalidade.

INFORMAÇÕES SOBRE A PESQUISA:

Descrição da pesquisa: O(A) Sr(a). está sendo convidado a participar de um estudo, onde o objetivo é o **"MONITORAMENTO DE PARÂMETROS HEMODINÂMICOS NÃO INVASIVOS E TÔNUS MUSCULAR DENTRO E FORA DA ÁGUA".**

Estudos apontam que a atividade em meio aquático proporcionam uma redistribuição dos fluxos, diminuição da Pressão Arterial (PA) e Frequência Cardíaca (FC), além de diminuição do tônus muscular. No entanto, ainda são incipientes os relatos desses achados. Sendo assim, relevante o desenvolvimento e adaptação de instrumentos para mensuração e transmissão desses parâmetros.

Os voluntários da pesquisa serão monitorados quanto as variáveis hemodinâmicas não invasivas e tônus muscular fora da água e dentro da água, mediante uma sessão de Watsu. Os participantes serão acompanhados por profissionais capacitados para a técnica e a monitorização. A pesquisa será realizada na Clínica Rogério Antunes, localizada na Rua Almirante Batista Leão, 169, Boa Viagem, Recife/PE.

Esclarecimento do período de participação do voluntário na pesquisa, início, término e número de visitas: Inicialmente será realizada a mensuração da pressão arterial em solo, por conseguinte frequência cardíaca, oximetria e tônus muscular serão monitorados. Posteriormente, o participante adentrará em piscina térmica e será submetido aos manuseios do método Watsu por 30 minutos com monitorização contínua.

Riscos e desconfortos: Esse estudo não irá utilizar nenhum método ou procedimento que possa vir a causar danos ou prejuízos à sua saúde, mas você pode se sentir incomodado(a) e/ou constrangido(a) em participar dos atendimentos. Por isso, garantimos o direito de desistir, a qualquer momento de participar desta pesquisa, sem qualquer prejuízo ou custo para você, nem para a sua assistência. Além disso, a sua privacidade será garantida durante toda a entrevista.

Benefícios: Os benefícios relacionados com a sua participação, são o desenvolvimento, adaptação e a validação de instrumentos para monitorização em ambiente aquático. Além de identificar parâmetros para intervenção com seguridade.

Todas as informações desta pesquisa serão confidenciais, divulgadas apenas em eventos ou publicações científicas, não havendo identificação dos voluntários, a não ser entre os responsáveis pelo estudo, sendo assegurado o sigilo sobre a sua participação.

Os dados coletados nesta pesquisa (entrevistas, questionários, fotos, filmagens), ficarão armazenados em um banco de dados e em pastas de arquivo, por um período mínimo de cinco anos, de acordo com a Resolução do Conselho Nacional de Saúde (CNS/MS) 466/12 que trata da pesquisa envolvendo seres humanos, sob a responsabilidade dos pesquisadores Kétura Rhammá Cavalcante Ferreira, no endereço acima mencionado e do professor orientador Marco Aurélio Benedetti Rodrigues, no endereço profissional: Av. da Arquitetura, s/n, Cidade Universitária, Departamento de Engenharia Elétrica, Recife - PE, CEP: 50740-550.

Nada lhe será pago e nem será cobrado para participar desta pesquisa, pois a aceitação é voluntária, mas fica também garantida a indenização em casos de danos, comprovadamente decorrentes da participação na pesquisa, conforme decisão judicial ou extra-judicial. Se houver necessidade, as despesas para a sua participação serão assumidas pela pesquisadora principal (ressarcimento de transporte e alimentação).

Em caso de dúvidas relacionadas aos aspectos éticos deste estudo, você poderá consultar o Comitê de Ética em Pesquisa envolvendo Seres Humanos da UFPE no endereço: Avenida da Engenharia s/n – 1º Andar, sala 4 - Cidade Universitária, Recife-PE, CEP: 50740-600, Tel.: (81) 2126.8588, e-mail: cepccs@ufpe.br.

_____

Kétura Rhammá Cavalcante Ferreira

CONSENTIMENTO DA PARTICIPAÇÃO DA PESSOA COMO VOLUNTÁRIO (A)

Eu, _____, CPF:_____, abaixo assinado, após a leitura (ou a escuta da leitura) deste documento e de ter tido a oportunidade de conversar e ter esclarecido as minhas dúvidas com o pesquisador responsável, concordo em participar do estudo **"MONITORAMENTO DE PARÂMETROS HEMODINÂMICOS NÃO INVASIVOS E TÔNUS MUSCULAR DENTRO E FORA DA ÁGUA"**, como voluntário(a). Fui devidamente informado(a) e esclarecido(a) pela pesquisadora sobre a pesquisa, os procedimentos nela envolvidos, assim como os possíveis riscos e benefícios decorrentes de minha participação. Foi-me garantido que posso retirar o meu consentimento a qualquer momento, sem que isto leve a qualquer penalidade.

Recife, _____ de _____ de 20___.

_____

Assinatura da Participante

Presenciamos a solicitação de consentimento, esclarecimentos sobre a pesquisa e aceite do voluntário(a) em participar.

Nome	Nome
Assinatura de testemunha	Assinatura de testemunha

APÊNCIDE C - TERMO DE COMPROMISSO E CONFIDENCIALIDADE

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO

TERMO DE COMPROMISSO E CONFIDENCIALIDADE

Título do projeto: Monitoramento de parâmetros hemodinâmicos não invasivos e tônus muscular dentro e fora da água.
Pesquisador responsável: Kétura Rhammá Cavalcante Ferreira
Instituição/Departamento de origem do pesquisador: Universidade Federal de Pernambuco, programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica.
Telefone para contato: (81) 9.96727971.
E-mail: ketura.cavalcante@hotmail.com.

O pesquisador do projeto acima identificado assume o compromisso de:

- Garantir que a pesquisa só será iniciada após a avaliação e aprovação do Comitê de Ética e Pesquisa envolvendo Seres Humanos da Universidade Federal de Pernambuco – CEP/UFPE e que os dados coletados serão armazenados pelo período mínimo de 5 anos após o termino da pesquisa;
- Preservar o sigilo e a privacidade dos voluntários cujos dados serão estudados e divulgados apenas em eventos ou publicações científicas, de forma anônima, não sendo usadas iniciais ou quaisquer outras indicações que possam identificá-los;
- Garantir o sigilo relativo às propriedades intelectuais e patentes industriais, além do devido respeito à dignidade humana;
- Garantir que os benefícios resultantes do projeto retornem aos participantes da pesquisa, seja em termos de retorno social, acesso aos procedimentos, produtos ou agentes da pesquisa;
- Assegurar que os resultados da pesquisa serão anexados na Plataforma Brasil, sob a forma de Relatório Final da pesquisa;

Recife, ____ de _____ de 20___.

_____
Assinatura Pesquisador Responsável

APÊNCIDE D - QUESTIONÁRIO SOCIOECONÔMICO E DEMOGRAFICO

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO

MONITORAMENTO DE PARÂMETROS HEMODINÂMICOS NÃO INVASIVOS E TÔNUS MUSCULAR DENTRO E FORA DA ÁGUA

QUESTIONÁRIO SÓCIO-ECONÔMICO E DEMOGRAFICO **Nº.**

1. Nome:			**4. Altura:**
2. Idade:			**5. Peso:**
3. Sexo: □ Masculino □ Feminino			**6. D.N.:**
7. Raça:	**8. Religião:**		
9. Endereço:			
Bairro:			
Município:			
10. Estado Civil: □ Casado(a) □ União estável	□ Solteiro(a) □ Viúvo(a)	□ Separado(a) □ Divorciado(a)	□ Outro:
11. Filhos? □ Sim □ Não	**12. Ocupação/Profissão:**		
13. Escolaridade: □ Sem escolaridade □ Sabe ler e escrever □ Ensino fundamental completo □ Ensino fundamental incompleto		□ Ensino médio completo □ Ensino médio incompleto □ Ensino superior completo □ Ensino superior incompleto □ Outro:	
14. Situação social: □ Convive com familiares □ Convive com amigos	□ Moradia própria □ Moradia alugada	□ Outro:	
15. Antecedentes pessoais: □ HAS □ AVC isquêmico □ AVC hemorrágico □ Tabagismo □ Alcoolismo	□ Diabetes Mellitus □ Obesidade □ Fratura □ Cirurgia □ Outro:		No caso de fratura ou cirurgia, especifique.

<table>
<tr><td>16. Atividades

□ Fisioterapia Aquática
□ Fisioterapia Motora
□ Outra</td><td>Especifique sua escolha. Qual atividade e qual a razão?</td><td colspan="2">17. Frequência (semanal):

□ 1 vez □ 4 vezes
□ 2 vezes □ 5 vezes
□ 3 vezes □ Diariamente</td></tr>
<tr><td colspan="4">18. Onde realiza?</td></tr>
<tr><td colspan="4">19. Auxílio governamental (bolsa família, bolsa mestrado, bolsa doutorado, outra)?
Se sim, qual?</td></tr>
<tr><td colspan="2">20. Renda mensal familiar:

□ Inferior a um SM (Inferior a R$ R$ 1.039)
□ Entre 01 e 02 SM (R$ R$ 1.039 - R$ 2,078)
□ Entre 02 e 03 SM (R$ 2.078 - R$ 3.117)
□ Acima de 03 SM (Acima de R$ 3.117)
□ Não sabe/não quer relatar</td><td colspan="2">21. Como classifica sua situação econômica?

□ Ruim
□ Razoável/Média
□ Boa</td></tr>
<tr><td>22. Dor lombar presente?

□ Sim
□ Não</td><td colspan="2">23. Há quanto tempo a dor persiste (meses)?</td><td>24. Já apresentou crise álgica?

□ Sim
□ Não</td></tr>
<tr><td colspan="2">25. Qual o maior tempo que permaneceu em crise?</td><td colspan="2">26. Atualmente está em crise?

□ Sim
□ Não</td></tr>
<tr><td colspan="2">27. Sua dor irradia?

□ Sim
□ Não
Se sim, qual o local?</td><td colspan="2">28. Apresenta dormência?

□ Sim
□ Não
Se sim, qual o local?</td></tr>
<tr><td>29. Faz uso de medicação controlada e/ou contínua?

□ Sim
□ Não
Se sim, quais?</td><td colspan="2">30. Dor em outro segmento da coluna?

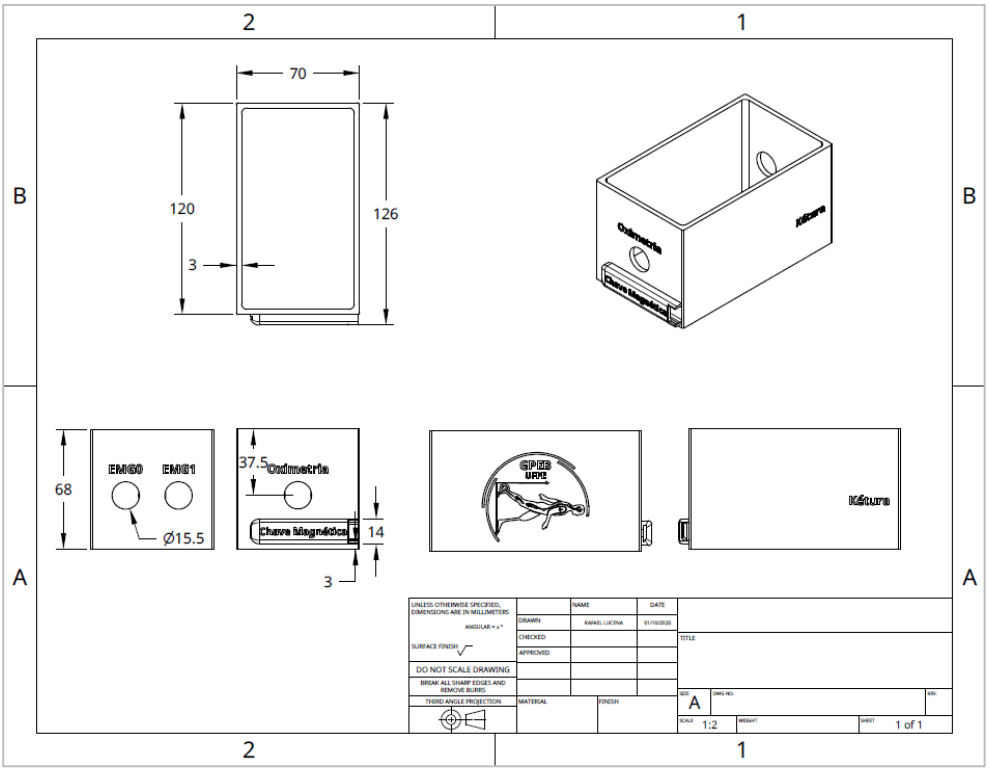
□ Sim
□ Não
Se sim, qual?</td><td>31. Sinal de Laségue (30° - 60°):

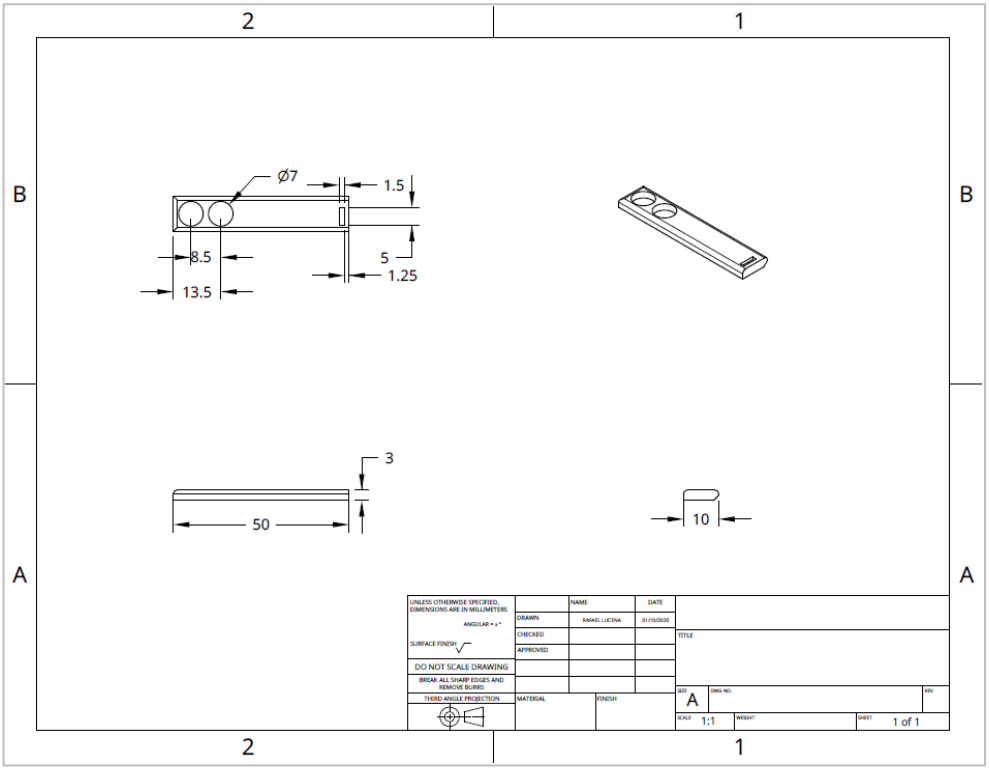
□ Ausente
□ Presente</td></tr>
</table>

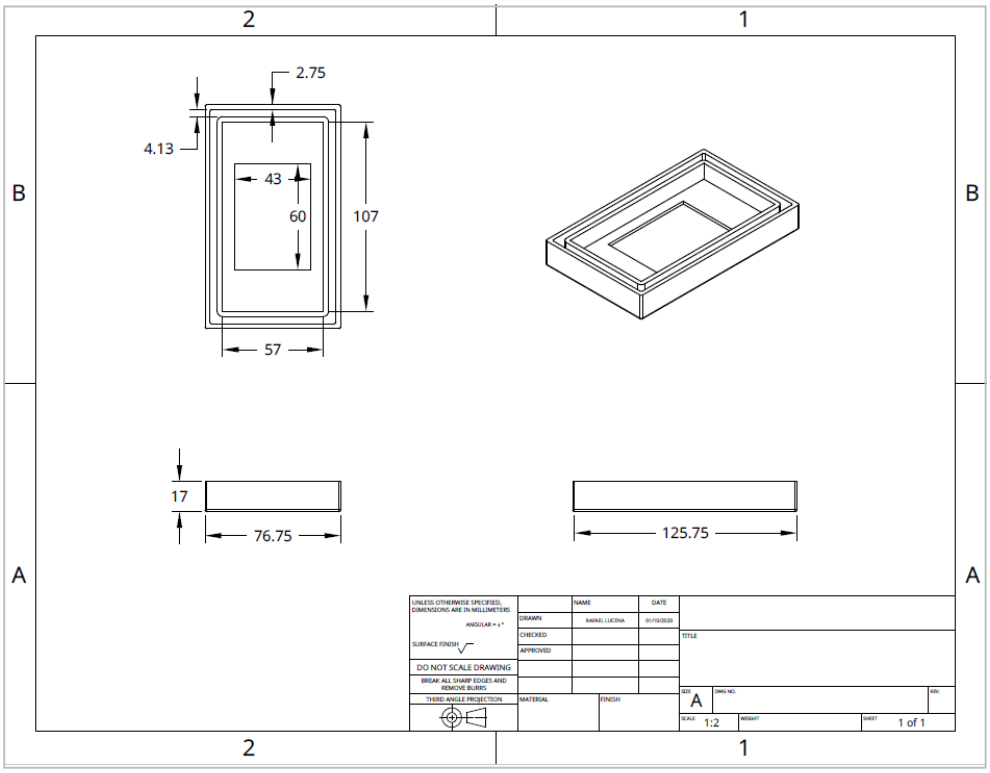
_____

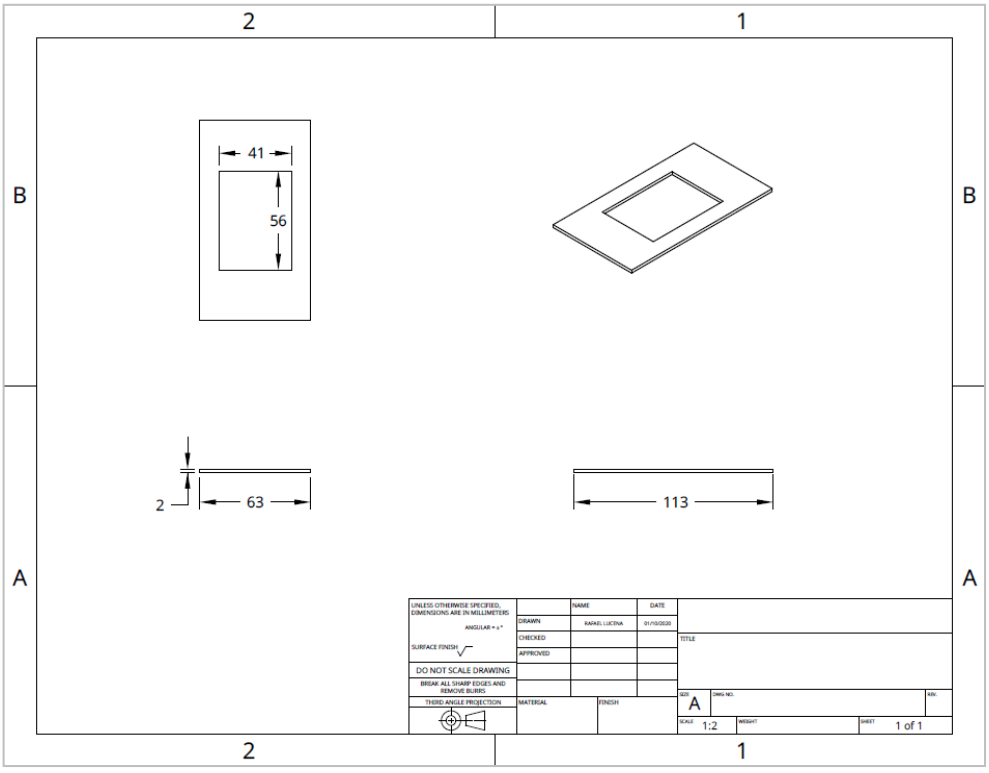
Assinatura Pesquisador Responsável

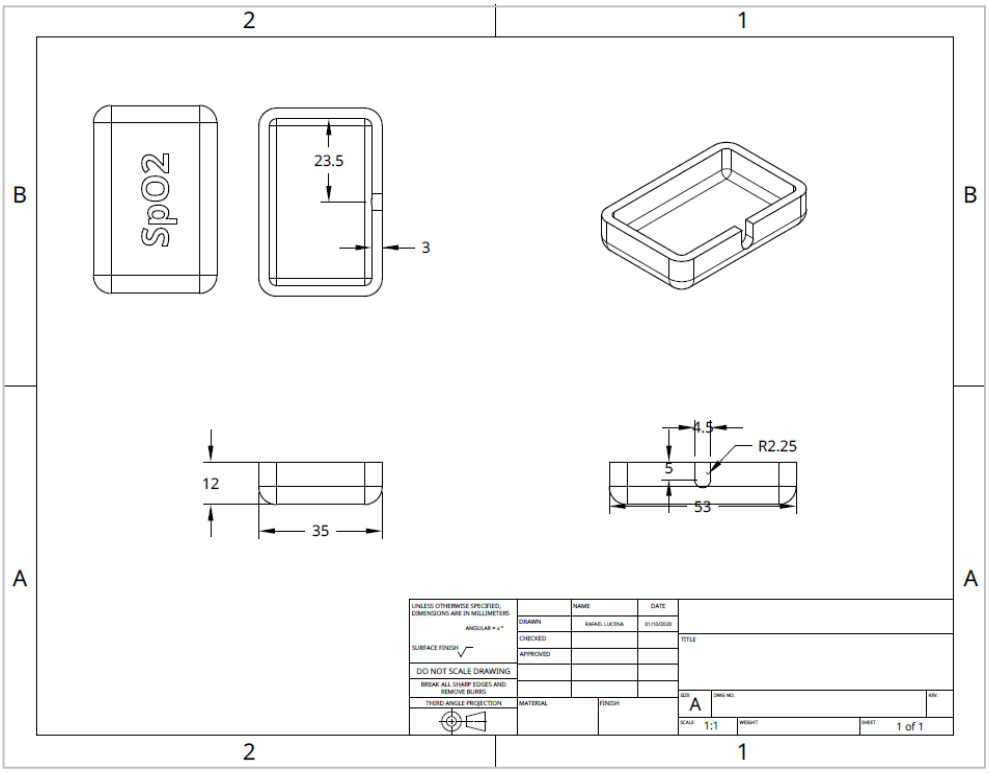
APÊNCIDE E - COMPONENTES DA CAIXA DO INSTRUMENTO






2
1
B
A
2.75
4.13
43
60
107
57
17
76.75
125.75
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED, DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
ANGULAR = ±°
SURFACE FINISH
DO NOT SCALE DRAWING
BREAK ALL SHARP EDGES AND REMOVE BURRS
THIRD ANGLE PROJECTION
NAME
DATE
DRAWN
RAFAEL LUCENA
01/10/2020
CHECKED
APPROVED
MATERIAL
FINISH
TITLE
SIZE
A
DWG NO.
REV.
SCALE
1:2
WEIGHT
SHEET
1 of 1


2
1
B
A
41
56
2
63
113
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED, DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
ANGULAR = ±°
SURFACE FINISH
DO NOT SCALE DRAWING
BREAK ALL SHARP EDGES AND REMOVE BURRS
THIRD ANGLE PROJECTION
NAME
DATE
DRAWN
RAFAEL LUCENA
01/10/2020
CHECKED
APPROVED
MATERIAL
FINISH
TITLE
SIZE
A
DWG NO.
REV.
SCALE
1:2
WEIGHT
SHEET
1 of 1


2
1
B
A
SpO2
23.5
3
12
35
4.5
R2.25
5
53
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED, DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
ANGULAR ± °
SURFACE FINISH
DO NOT SCALE DRAWING
BREAK ALL SHARP EDGES AND REMOVE BURRS
THIRD ANGLE PROJECTION
NAME
DATE
DRAWN
RAFAEL LUCENA
CHECKED
APPROVED
MATERIAL
FINISH
TITLE
SIZE
A
DWG NO.
REV.
SCALE
1:1
WEIGHT
SHEET
1 of 1

ANEXO A - QUESTIONÁRIO ROLAND MORRIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO

MONITORAMENTO DE PARÂMETROS HEMODINÂMICOS NÃO INVASIVOS E TÔNUS MUSCULAR DENTRO E FORA DA ÁGUA

QUESTIONÁRIO ROLAND MORRIS **Nº.**

(Roland e Morris, 1983. Versão modificada Sarda e colaboradores, 2010)

Quando você tem dor, você pode ter dificuldade em fazer algumas coisas que normalmente faz. Esta lista possui algumas frases que as pessoas usam para se descreverem quando tem dor nas costas. Quando você ler estas frases poderá notar que algumas descrevem sua condição atual. Ao ler ou ouvir estas frases pense em você hoje. Assinale com um "x" apenas as frases que descrevem sua situação hoje, se a frase não descrever sua situação deixe-a em branco e siga para a próxima sentença. Lembre-se assinale apenas a frase que você tiver certeza que descreve você hoje.
1. Fico em casa a maior parte do tempo por causa da minha dor. ☐
2. Mudo de posição frequentemente tentando ficar mais confortável com a dor. ☐
3. Ando mais devagar que o habitual por causa da dor. ☐
4. Por causa da dor eu não estou fazendo alguns dos trabalhos que geralmente faço em casa. ☐
5. Por causa da dor eu uso o corrimão para subir escadas. ☐
6. Por causa da dor eu deito para descansar mais frequentemente. ☐
7. Por causa da dor eu tenho que me apoiar em alguma coisa para me levantar de uma poltrona. ☐
8. Por causa da dor tento com que outras pessoas façam as coisas para mim. ☐
9. Eu me visto mais devagar do que o habitual por causa das minhas dores. ☐
10. Eu somente fico em pé por pouco tempo por causa da dor. ☐
11. Por causa da dor tento não me abaixar ou me ajoelhar. ☐
12. Tenho dificuldade em me levantar de uma cadeira por causa da dor. ☐
13. Sinto dor quase todo o tempo. ☐
14. Tenho dificuldade em me virar na cama por causa da dor. ☐
15. Meu apetite não é muito bom por causa das minhas dores. ☐
16. Tenho dificuldade para colocar minhas meias por causa da dor. ☐
17. Caminho apenas curtas distâncias por causa das minhas dores. ☐
18. Não durmo tão bem por causa das dores. ☐
19. Por causa da dor me visto com ajuda de outras pessoas. ☐
20. Fico sentado a maior parte do dia por causa da minha dor. ☐
21. Evito trabalhos pesados em casa por causa da minha dor. ☐
22. Por causa da dor estou mais irritado e mal humorado com as pessoas do que em geral. ☐
23. Por causa da dor subo escadas mais vagarosamente do que o habitual. ☐
24. Fico na cama (deitado ou sentado) a maior parte do tempo por causa das minhas dores. ☐

_____

Assinatura Pesquisador Responsável

ANEXO B - QUESTIONÁRIO McGILL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO

MONITORAMENTO DE PARÂMETROS HEMODINÂMICOS NÃO INVASIVOS E TÔNUS MUSCULAR DENTRO E FORA DA ÁGUA

QUESTIONÁRIO McGILL **Nº.**

Algumas palavras que eu vou ler descrevem a sua dor atual.
Diga-me quais palavras melhor descrevem a sua dor. Não escolha aquelas que não se aplicam.
Escolha somente uma palavra de cada grupo. A mais adequada para a descrição de sua dor.

1	2	3	4	5
1. Vibração 2. Tremo 3. Pulsante 4. Latejante 5. Como batida 6. Como pancada	1. Pontada 2. Choque 3. Tiro	1. Agulhada 2. Perfurante 3. Facada 4. Punhalada 5. Em lança	1. Fina 2. Cortante 3. Estraçalha	1. Belisção 2. Aperto 3. Mordida 4. Cólica 5. Esmagamento
6	7	8	9	10
1. Fisgada 2. Puxão 3. Em torção	1. Calor 2. Queimação 3. Fervente 4. Em brasa	1. Formigamento 2. Coceira 3. Ardor 4. Ferroada	1. Mal localizada 2. Dolorida 3. Machucada 4. Doída 5. Pesada	1. Sensível 2. Esticada 3. Esfolante 4. Rachando
11	12	13	14	15
1. Cansativa 2. Exausta	1. Enjoada 2. Sufocante	1. Amedrontadora 2. Apavorante 3. Aterrorizante	1. Castigante 2. Atormenta 3. Cruel 4. Maldita 5. Mortal	1. Miserável 2. Enlouquecedora
16	17	18	19	20
1. Chata 2. Que incomoda 3. Desgastante 4. Forte 5. Insuportável	1. Espalha 2. Irradia 3. Penetra 4. Atravessa	1. Aperta 2. Adormece 3. Repuxa 4. Espreme 5. Rasga	1. Fria 2. Gelada 3. Congelante	1. Aborrecida 2. Dá náusea 3. Agonizante 4. Pavorosa 5. Torturante

_____

Assinatura Pesquisador Responsável

ANEXO C - ESCALA VISUAL ANALÓGICA

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO

MONITORAMENTO DE PARÂMETROS HEMODINÂMICOS NÃO INVASIVOS E TÔNUS MUSCULAR DENTRO E FORA DA ÁGUA

ESCALA ANALÓGICA VISUAL (EVA) **Nº.**

(Martinez, 2011).

Intensidade - EVA		
	Antes	Depois
Estática		
Dinâmica		

Assinatura Pesquisador Responsável