



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

ADMILSON DE CASTRO CHAVES FILHO

DESENVOLVIMENTO DE UM DISPOSITIVO PARA MONITORAÇÃO DE
EXERCÍCIOS TERAPÊUTICOS EM IDOSOS

Recife

2020

ADMILSON DE CASTRO CHAVES FILHO

**DESENVOLVIMENTO DE UM DISPOSITIVO PARA MONITORAÇÃO DE
EXERCÍCIOS TERAPÊUTICOS EM IDOSOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Biomédica, Mestrado em Engenharia Biomédica, da Universidade Federal de Pernambuco como requisito para obtenção do título de mestre em Engenharia Biomédica.

Área de Contração: Bioengenharia.

Orientadora: Profa. Dra. Patrícia Silva Lessa.

Coorientador: Prof. Dr. Marco Aurélio Benedetti Rodrigues

Recife

2020

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

C512d

Chaves Filho, Admilson de Castro.

Desenvolvimento de um dispositivo para monitoração de exercícios terapêuticos em idosos/ Admilson de Castro Chaves Filho – Recife, 2020.

90 f.: figs., tabs., abrev.

Orientadora: Profa. Dra. Patrícia Silva Lessa.

Coorientador: Prof. Dr. Marco Aurélio Benedetti Rodrigues.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica, 2020.

Inclui referências e apêndices.

1. Engenharia Biomédica. 2. Monitoração. 3. Aquisição. 4. Acelerometria. 5. Idoso. 6. Fisioterapia. 7. Sedentarismo. I. Lessa, Patrícia Silva (Orientadora). II. Rodrigues, Marco Aurélio Benedetti (Coorientador). III. Título.

UFPE

610.28 CDD (22. ed.)

BCTG / 2020-178

ADMILSON DE CASTRO CHAVES FILHO

**DESENVOLVIMENTO DE UM DISPOSITIVO PARA MONITORAÇÃO DE
EXERCÍCIOS TERAPÊUTICOS EM IDOSOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Biomédica, Mestrado em Engenharia Biomédica, da Universidade Federal de Pernambuco como requisito para obtenção do título de mestre em Engenharia Biomédica.

Aprovada em: 27/02/2020

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Patrícia Silva Lessa (Orientadora)
Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)

Prof. Dr. Marco Aurélio Benedetti Rodrigues (Coorientador)
Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)

Profa. Dra. Anna Myrna Jaguaribe de Lima (Banca externa)
Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)

Profa. Dra. Cristiana Maria Macedo Brito (Banca externa)
Universidade Católica de Pernambuco

RESUMO

O envelhecimento da população é uma realidade mundial, que pode ser caracterizado por alterações morfológicas, psicológicas e funcionais. Com as limitações decorrentes do estado de envelhecimento e associadas ao sedentarismo, podem ocorrer alterações na realização das atividades de vidas diárias, como a diminuição da força muscular, redução da massa óssea, perda de flexibilidade e diminuição da capacidade do sistema sensorial. A fisioterapia contribui atuando na promoção, prevenção e reabilitação das patologias e limitações decorrentes do envelhecimento, minimizando os efeitos do processo de envelhecimento. Assim, faz-se necessário o desenvolvimento de ferramentas práticas e não invasivas para mensurar o exercício. Com o uso de acelerômetros pode-se fazer a aquisição destas medidas em diversas condições. Este trabalho teve como objetivo desenvolver e validar um equipamento de baixo custo para monitoração de sinais de acelerometria referente a exercícios terapêuticos em idosos que foram submetidos a orientações fisioterapêuticas. Trata-se de um estudo transversal, do tipo piloto. Constou de três etapas: desenvolvimento, testes preliminares e teste clínicos. A etapa de testes do dispositivo foi realizada em uma unidade de saúde da família do município de Caruaru - PE, a fim de verificar a viabilidade do equipamento proposto. Foram incluídos 5 voluntários com idade de 60 a 79 anos, assistidos pela unidade de saúde, que não apresentassem patologias cardiorrespiratórias e com cognitivo preservado. Aplicou-se um protocolo composto de 10 exercícios, o qual captou-se as variações dos eixos X, Y e Z dos acelerômetros em cada exercício do protocolo. Como resultado desse estudo, observou-se que por meio da acelerometria, é possível captar os movimentos durante a realização do protocolo de exercícios que os idosos foram submetidos e classificar os exercícios realizados quanto ao tipo de exercício, quantidade de repetições e tempo gasto para a execução do exercício através do posicionamento dos acelerômetros e pela variação dos eixos. Foi possível observar as variações dos eixos de acordo com o posicionamento dos indivíduos em cada exercício realizado e comparar o desempenho dos mesmos através da qualidade e estilo de vida. Conclui-se que o desenvolvimento de um dispositivo para monitoração em idosos, auxilia o profissional de saúde quanto a verificação da realização de exercícios.

Palavras-chave: Monitoração. Aquisição. Acelerometria. Idoso. Fisioterapia. Sedentarismo.

ABSTRACT

Population aging is a global reality, which can be characterized by morphological, psychological and functional changes. With the limitations resulting from the aging state and associated with a sedentary lifestyle, changes in the performance of activities of daily living can occur, such as decreased muscle strength, reduced bone mass, loss of flexibility and decreased capacity of the sensory system. Physiotherapy contributes by acting in the promotion, prevention and rehabilitation of pathologies and limitations resulting from aging, minimizing the effects of the aging process. Thus, it is necessary to develop practical and non-invasive tools to measure exercise. Accelerometers can be used to acquire these measurements under different conditions. This study aimed to develop and validate low-cost equipment for monitoring accelerometry signals related to therapeutic exercises in the elderly who were submitted to physiotherapy guidelines. This is a cross-sectional, pilot study. It consisted of three stages: development, preliminary tests and clinical tests. The device testing stage was carried out at a family health unit in the municipality of Caruaru - PE, in order to verify the feasibility of the proposed equipment. Five volunteers aged 60 to 79 years, assisted by the health unit, who did not have cardiorespiratory diseases and with preserved cognitive status were included. A protocol composed of 10 exercises was applied, which captured the variations of the X, Y and Z axes of the accelerometers in each exercise of the protocol. As a result of this study, it was observed that through accelerometry, it is possible to capture the movements during the exercise protocol that the elderly were submitted and to classify the exercises performed according to the type of exercise, number of repetitions and time spent for the exercise. execution of the exercise by positioning the accelerometers and by varying the axes. It was possible to observe the variations of the axes according to the position of the individuals in each exercise performed and to compare their performance through quality and lifestyle. It is concluded that the development of a monitoring device in the elderly, assists the health professional regarding the verification of the performance of exercises.

Keywords: Monitoring. Acquisition. Accelerometry. Elderly. Physical therapy. Physical inactivity.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Acelerômetro MPU6050.....	20
Figura 2 - Fluxograma das estratégias para revisão sistemática.....	25
Figura 3 - Instrumento desenvolvido.....	37
Figura 4 - Placa de desenvolvimento MSP430.....	38
Figura 5 - Módulo do cartão micro SD.....	38
Figura 6 - Módulo Bluetooth.....	39
Figura 7 - Acelerômetro LSM6DS3	39
Figura 8 - Esquema de aquisição do sinal	40
Figura 9 - Firmware do projeto.....	40
Figura 10 - Software utilizado para aquisição e gravação dos dados	41
Figura 11 - Realização do exercício de supino em 10 repetições e coletado por meio de quatro acelerômetros.....	42
Figura 12 - Exercício de supino em 10 repetições e coletado por meio de quatro acelerômetros	43
Figura 13 - Realização do exercício de elevação alternada de braços em 10 repetições e coletado por meio de quatro acelerômetros	43
Figura 14 - Exercício de elevação alternada de braços em 10 repetições e coletado por meio de quatro acelerômetros	44
Figura 15 - Exercício de elevação alternada com os eixos sobrepostos.....	44
Figura 16 - Realização do exercício de flexão e extensão da perna direita em 10 repetições e coletado por meio de quatro acelerômetros	45
Figura 17 - Exercício de flexão e extensão da perna direita em 10 repetições e coletado por meio de quatro acelerômetros.....	45
Figura 18 - Exercício de marcha estática em 5 repetições de cada lado e coletado por meio de quatro acelerômetros.....	46
Figura 19 - Exercício de marcha estática em 5 repetições de cada lado e coletado por meio de quatro acelerômetros.....	46
Figura 20 - Exercício de marcha estática com eixos sobrepostos	47
Figura 21 - Realização do exercício de diagonais em 10 repetições e coletado por meio de quatro acelerômetros.....	48
Figura 22 - Exercício de diagonais em 10 repetições e coletado por meio de quatro acelerômetros	48

Figura 23 - Realização do exercício de flexão e extensão de perna combinado com o supino em 10 repetições e coletado por meio de quatro acelerômetros	49
Figura 24 - Exercício de flexão e extensão de perna combinado com o supino em 10 repetições e coletado por meio de quatro acelerômetros	49
Figura 25 - Planos seccionais do corpo humano	55
Figura 26 - Variação dos eixos em 3D	55
Figura 27 - Elevação de membros superiores em 10 repetições e coletado por meio de um acelerômetro no braço direito	56
Figura 28 - Elevação de membros superiores em 10 repetições e coletado por meio de um acelerômetro no braço esquerdo	56
Figura 29 - Exercício de marcha estática em 10 repetições de cada lado e coletado por meio de um acelerômetro fixado na perna direita	57
Figura 30 - Exercício de marcha estática em 10 repetições de cada lado e coletado por meio de um acelerômetro fixado na perna esquerda	57
Figura 31 - Exercício de marcha estática em 10 repetições de cada lado e coletado por meio de dois acelerômetros	58
Figura 32 - Exercício de flexão e extensão de MMII + supino de MMSS em 5 repetições coletados por meio de quatro acelerômetros	58
Figura 33 - Exercício de flexão e extensão de MMII + supino de MMSS em 5 repetições coletados por meio de quatro acelerômetros	59
Figura 34 - Exercício de abdução horizontal de MMSS em 10 repetições coletados por meio de dois acelerômetros fixado no braço direito	59
Figura 35 - Exercício de abdução horizontal de MMSS em 10 repetições coletados por meio de dois acelerômetros fixado no braço esquerdo	60
Figura 36 - Exercício de flexão e extensão alternada de membros inferiores em 10 repetições coletados por meio de um acelerômetro fixados na perna direita	60
Figura 37 - Exercício de flexão e extensão alternada de membros inferiores em 10 repetições coletados por meio de um acelerômetro fixados na perna esquerda	61
Figura 38 - Exercício de flexão e extensão alternada de membros inferiores em 10 repetições coletados por meio de dois acelerômetros fixados nas pernas	61
Figura 39 - Exercício de abdução de membros inferiores em 10 repetições coletados por meio de um acelerômetro fixados na perna direita	62
Figura 40 - Exercício de abdução de membros inferiores em 10 repetições coletados por meio de um acelerômetro fixados na perna esquerda	62

Figura 41 - Exercício de supino em membros superiores em 10 repetições coletados por meio de dois acelerômetros fixados nos braços.....	63
Figura 42 - Exercício de diagonal em 5 repetições coletados por meio de um acelerômetro fixado no braço direito.....	63
Figura 43 - Exercício de diagonal em 5 repetições coletados por meio de um acelerômetro fixados na perna esquerda.....	64
Figura 44 - Exercício de marcha estática em 10 repetições de cada lado e coletado por meio de dois acelerômetros fixados nas pernas.....	64
Figura 45 - Exercício de marcha estática em 10 repetições de cada lado e coletado por meio de dois acelerômetros fixados nas pernas.....	65
Figura 46 - Exercício de elevação alternada de membros superiores em 10 repetições de cada lado e coletado por meio de um acelerômetro fixados no braço direito.....	65
Figura 47 - Exercício de elevação alternada de membros superiores em 10 repetições de cada lado e coletado por meio de um acelerômetro fixados no braço esquerdo.....	66
Figura 48 - Exercício de elevação alternada de membros superiores em 10 repetições de cada lado e coletado por meio de dois acelerômetros fixados nos braços.....	66
Figura 49 - Exercício de flexão e extensão de membros inferiores na posição de pé em 10 repetições de cada lado e coletado por meio de dois acelerômetros fixados nas pernas.....	67
Figura 50 - Exercício de flexão e extensão de membros inferiores na posição de pé em 10 repetições de cada lado e coletado por meio de dois acelerômetros fixados nas pernas.....	67
Figura 51 - Exercício de diagonal em 5 repetições coletados por meio de um acelerômetro fixado no braço esquerdo.....	68
Figura 52 - Exercício de diagonal em 5 repetições coletados por meio de um acelerômetro fixado na perna direita.....	68
Figura 53 - Exercício de abdução horizontal de MMSS em 10 repetições coletados por meio de dois acelerômetros fixado no braço direito.....	69
Figura 54 - Exercício de abdução horizontal de MMSS em 10 repetições coletados por meio de dois acelerômetros fixado no braço esquerdo.....	69
Figura 55 - Exercício de abdução de membros inferiores em 10 repetições coletados por meio de um acelerômetro fixados na perna direita.....	70
Figura 56 - Exercício de abdução de membros inferiores em 10 repetições coletados por meio de um acelerômetro fixados na perna esquerda.....	70

Figura 57 - Exercício de flexão e extensão de MMII + supino de MMSS em 5 repetições coletados por meio de quatro acelerômetros	71
Figura 58 - Exercício de flexão e extensão de MMII + supino de MMSS em 5 repetições coletados por meio de quatro acelerômetros	71
Figura 59 - Exercício de flexão e extensão de membros inferiores sentado em 10 repetições coletados por meio de dois acelerômetros fixados nas pernas.....	72
Figura 60 - Exercício de flexão e extensão de membros inferiores em pé em 10 repetições coletados por meio de dois acelerômetros fixados nas pernas	72
Figura 61 - Exercício de flexão e extensão de membros inferiores sentado em 10 repetições coletados por meio de dois acelerômetros fixados nas pernas	73
Figura 62 - Exercício de flexão e extensão de membros inferiores em pé em 10 repetições coletados por meio de dois acelerômetros fixados nas pernas.....	73

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Bases de dados e suas respectivas quantidades de trabalhos associados às palavras chaves encontrados	23
Tabela 2 - Estudos da RSL	26
Tabela 3 - Tabela com as maiores variações nos padrões dos acelerômetros dos exercícios do protocolo	50
Tabela 4 - Tabela com a quantidade de informações da amostra em relação ao gênero e idade	51
Tabela 5 - Tabela com informações da amostra em relação a ocupação dos voluntários submetidos ao estudo	51
Tabela 6 - Tabela com informações da amostra com relação aos antecedentes pessoais e fatores de risco	52
Tabela 7 - Tabela com informações da amostra com relação ao uso de medicação, prática de atividade física, acompanhamento profissional e reavaliações periódicas de saúde	53
Tabela 8 - Tabela com informações da quantidade de repetições por minuto	74

LISTA DE ABREVIATURAS

AB	Atenção básica
APS	Atenção primária de saúde
ESF	Estratégia de saúde da família
GPEB	Grupo de Pesquisa em Engenharia Biomédica
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
LIHOM	Laboratório de Interface Homem-Máquina
MS	Ministério da Saúde
MMII	Membros Inferiores
MMSS	Membros Superiores
NASF	Núcleo Ampliado de Saúde da Família
OMS	Organização mundial de saúde
PNAB	Política Nacional de Atenção Básica
PNSI	Política Nacional de Saúde do Idoso
SUS	Sistema Único de Saúde
UFPE	Universidade Federal de Pernambuco

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	Objetivos	15
2	REVISÃO DA LITERATURA	17
2.1	Sistema Único de Saúde e NASF	17
2.2	Acelerometria	19
3	REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA	22
3.1	Processo adotado para revisão sistemática da literatura	22
<i>3.1.1</i>	<i>Identificação</i>	22
<i>3.1.2</i>	<i>Triagem</i>	24
<i>3.1.3</i>	<i>Elegibilidade</i>	24
4	METODOLOGIA	35
4.1	Desenho do estudo e local do estudo	35
4.2	Critérios de inclusão e exclusão	36
4.3	Análise dos dados	36
5	DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA DE AQUISIÇÃO DE ACELERÔMETRIA	37
5.1	Instrumento eletrônico	37
5.2	Testes preliminares	41
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO	51
7	CONCLUSÃO	75
	REFERÊNCIAS	76
	APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)	82
	APÊNDICE B – TERMO DE COMPROMISSO E CONFIDENCIALIDADE	85
	APÊNDICE C – FICHA DE AVALIAÇÃO	86
	APÊNDICE D – PARECER DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA	87

1 INTRODUÇÃO

A população de idosos no Brasil tem tido um grande crescimento e uma projeção de manter esta expansão ainda maior nos próximos anos. O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) estima que a população brasileira ganhou 4,8 milhões de idosos no ano de 2012. De acordo com o IBGE (2018), esse aumento da população idosa corresponde a um crescimento de 18% desse grupo etário, que tem se tornado cada vez mais representativo no Brasil, sendo as mulheres a maioria nesse grupo, com 16,9 milhões (56% dos idosos), enquanto os homens idosos são 13,3 milhões (44% do grupo).

Com o envelhecimento da população ocorre uma maior exposição dos idosos a doenças degenerativas e aumento da dependência. A saúde da população idosa deve ser visualizada como um estado de saúde geral, e não apenas como a ausência de doença, mas sempre observando o nível de independência funcional do idoso. Dessa forma, propõe-se como saúde do idoso a ideia de funcionalidade, que é uma das características mais importantes durante o processo de envelhecimento humano (SIQUEIRA et al.2007).

A diminuição da estabilidade postural acarreta maior risco de queda, durante qualquer tipo de atividade. Tais alterações podem modificar a capacidade funcional dos idosos e aumentar a susceptibilidade às quedas, principalmente durante a locomoção (SIQUEIRA et al.2007).

Essa fase da vida traz inúmeras peculiaridades, que demandam capacitação dos profissionais da saúde para o atendimento adequado da pessoa idosa. Neste sentido, existem programas e políticas em nível internacional e nacional voltadas para atender tais especificidades do processo de envelhecimento em busca de melhores condições de vida (MONIER; SOARES, 2016).

Pode-se citar o Plano de Ação Internacional para o Envelhecimento e o Plano de ação sobre a saúde das pessoas idosas. (MONIER; SOARES, 2016). Tais planos têm o objetivo de organizar ações para o cuidado da população idosa. Existem também diversas políticas e programas voltados para a saúde da população idosa, sendo elas, o Pacto pela Saúde do Ministério da Saúde, que tem como eixos o Pacto em Defesa do SUS, o Pacto de gestão e o Pacto em defesa da Vida. O pacto em defesa da vida, que tem como principal prioridade a saúde do idoso (BRASIL, 2006a). Outra política de extrema importância é a Política Nacional de Saúde da Pessoa Idosa (BRASIL, 2006b). Tal política apresenta como objetivo recuperar, manter e promover a autonomia e a independência dos idosos, com medidas

coletivas e individuais de saúde, em consonância com os princípios e diretrizes do Sistema Único de Saúde (SUS) (BRASIL, 2006b).

Além disso, a Política Nacional de Atenção Básica (PNAB) visa desenvolver ações de saúde, que têm como objetivo a promoção, proteção, e prevenção de agravos, assim como, o diagnóstico, tratamento, reabilitação e manutenção da saúde de idosos. Neste contexto, a Atenção Básica (AB) se torna porta de entrada, não deixando de tirar o foco da saúde da população idosa (BRASIL, 2011).

O processo de envelhecimento pode ocasionar algumas modificações biopsicossociais no indivíduo, essas modificações estão associadas à fragilidade, podendo levar a uma maior vulnerabilidade (WHO, 2005). Diante disso, pode ocorrer o surgimento de outras doenças, podendo gerar limitações ao idoso. Nesse contexto, os profissionais da saúde devem ser inseridos a fim de promover a saúde do idoso e fazer com que o envelhecimento ocorra com o máximo de qualidade, como preconizado nas políticas públicas de saúde (RUMOR, *et al*, 2010).

A promoção da saúde tem como objetivo a redução da vulnerabilidade e dos riscos que são oferecidos à saúde da população idosa por meio da participação e controle social (SOUZA; TORRES; PINHEIRO; PINHEIRO, 2010). O envelhecimento apresenta um foco na otimização das oportunidades de saúde, na participação nas questões sociais, econômicas, culturais, espirituais e civis, além de segurança, tentando trabalhar na melhoria da qualidade de vida dos idosos e fazendo com que esses idosos apresentem uma maior expectativa de vida saudável (GIRONDI; SANTOS, 2011).

Algumas estratégias devem ser utilizadas visando a promoção do envelhecimento saudável. Essas estratégias devem obedecer aos preceitos da educação em saúde, proporcionando uma maior participação do indivíduo em grupos, favorecendo o aumento da sua independência e possibilitando esse idoso a decidir sobre sua saúde. A educação em saúde pode ser definida como uma atividade desenvolvida pelos profissionais da saúde, que são os principais responsáveis no caminho do cuidado, onde se estabelece uma relação vínculo entre profissional e o idoso, visando a conscientização deste sobre sua saúde e a percepção como participante ativo na transformação da sua vida (MASCARENHAS; MELO; FAGUNDES, 2012).

O fisioterapeuta é inserido na AB por meio de um programa de apoio a Estratégia de Saúde da Família (ESF), denominado Núcleos de Apoio à Saúde da Família (NASF). O NASF é composto por uma equipe multiprofissional, que trabalham realizando apoio para as ESF, possibilitando uma maior intervenção e a ampliação das ações em saúde e qualificação

da atenção (BRASIL, 2011). A atuação da Fisioterapia na saúde do idoso na AB pode ser trabalhada na prevenção de agravos, promoção da saúde e recuperação da saúde dos principais problemas que acometem os idosos, existindo amplas possibilidades de participação qualificada dos profissionais na saúde do idoso, seja na prevenção de doenças ou na promoção da saúde, bem como na reabilitação (AVEIRO et al., 2011).

O exercício físico como forma de exercício terapêutico regular é de grande importância em um programa de reabilitação de idosos, onde esta pode influenciar nos aspectos cardiovasculares, neuromusculares e na perspectiva do controle motor e plasticidade cortical (BRASIL, 2013).

Com base nesse fato, torna-se necessário o desenvolvimento de ferramentas simples, práticas e pouco ou não invasivas com sensibilidade adequada para a medida de atividade física. Nesta perspectiva, o acelerômetro é um instrumento que avalia uma maior diversidade de movimentos, podendo distinguir também período de utilização, frequência e duração da atividade física. Por ser portátil e de fácil manuseio, o acelerômetro possibilita a aquisição destas medidas nas mais diversificadas condições (ITEM-GLATTHORN, 2012; GOULARTE et. Al, 2013).

Os acelerômetros ou sensores de movimento mais recentes, com capacidade de armazenamento de dados por longos períodos de tempo, providenciam informações sobre as atividades de movimento dos sujeitos ao longo de um período desejado (Yu, 2012). Representam uma ferramenta válida e útil na avaliação da atividade física. Através dos dados do acelerômetro, pode-se avaliar desde as atividades físicas mais formais às mais espontâneas, as quais variam, provavelmente, bastante diariamente (SANTOS, 2013).

1.1 Objetivos

O presente trabalho foi desenvolvido objetivando alcançar o desenvolvimento e validação de um equipamento de baixo custo para monitorização de sinais de acelerometria referentes a exercícios terapêuticos em idosos que serão submetidos a orientações fisioterapêuticas. Para tanto foram estabelecidos como objetivos específicos:

- a) Desenvolver um protótipo baseado em microcontrolador para adquirir sinais de acelerometria;
- b) Desenvolver uma interface com uma placa de hardware para salvar os sinais adquiridos em um cartão de memória;

- c) Realizar testes de validação do equipamento e teste de armazenamento do sinal no cartão de memória;
- d) Realizar aquisição com idosos para a validação do instrumento;
- e) Avaliar a realização a distância do protocolo fisioterapêutico pelos idosos, através de acelerometria.

2 REVISÃO DA LITERATURA

O envelhecimento da população é uma realidade mundial, apesar de apresentar seu ritmo e estágio de transição demográfica atrelados ao grau de desenvolvimento das nações. No Brasil, estima-se que existam mais de 23 milhões de pessoas idosas. Algumas pesquisas apontam que a população brasileira será a sexta população mais idosa do mundo e que, em 2050 existam mais de dois bilhões de pessoas no mundo com mais de 60 anos (MONIER; SOARES, 2016).

O envelhecimento é um processo caracterizado por alterações morfológicas, fisiológicas, bioquímicas e psicológicas que conduzem a uma diminuição da capacidade de adaptação, as quais afetam a saúde e limitam a realização das atividades do cotidiano, segundo pode-se observar em diversos estudos. Diminuições na força muscular (FASANO et al., 2012; REBELATTO et al., 2008), redução da massa óssea, perda de flexibilidade e diminuição da capacidade do sistema sensorial têm sido descritas como fenômenos que acompanham o processo de envelhecimento. O controle postural é fator determinante para a manutenção da posição ereta e da locomoção (BECHARA, 2008).

O processo de envelhecimento da população acarreta em maior exposição da população a doenças crônico-degenerativas, gerando perda de autonomia e independência.

2.1 Sistema Único de Saúde e o NASF

O Brasil vem avançando cada vez mais no campo da saúde. O processo de construção do Sistema Único de Saúde (SUS), regulamentado pela Constituição Federal de 1988 e pelas Leis Complementares é inspirado em valores como igualdade, democracia e emancipação. O SUS está inserido na Constituição, na legislação ordinária e em normas técnicas e administrativas. O Movimento da Reforma Sanitária Brasileira foi composto por entidades com mais de quatro décadas de história e de compromisso com a defesa do direito universal à saúde (PAIM, 2017), mas por muito tempo, nenhuma política específica para os idosos havia sido definida. Sob o aspecto da normatização e legislação, e do reconhecimento do direito à saúde, o envelhecimento se encontra largamente protegido no Brasil, havendo diversas diretrizes a serem seguidas (PAIM, 2017). Destacaram-se os três principais marcos normativos da proteção à saúde do idoso:

1. Lei Orgânica da Saúde (nº 8080/90) – Dentre seus princípios, destacam-se a preservação da autonomia, da integridade física e moral da pessoa; a integralidade da assistência; e a fixação de prioridades com base na epidemiologia, regulamentando o direito à saúde, na forma de um sistema nacional hierarquizado e de proteção social. Porém não menciona explicitamente, o cuidado e a promoção da saúde aos indivíduos da terceira idade.
2. Estatuto do Idoso – Instituído pela Lei 10741 de 1998, enfatiza a interface entre a intersetorialidade e o direito à saúde. No seu Artigo 24, por exemplo, reforça a estruturação do direito e da atenção à saúde dos idosos, por intermédio do SUS, garantindo-lhes o acesso universal e igualitário, em conjunto articulado e contínuo das ações e serviços, para a prevenção, promoção, proteção e recuperação da saúde.
3. Política Nacional de Saúde do Idoso (PNSI) – Instituída em 1999, em decorrência de medidas político-institucionais comemorativas do Ano Internacional do Idoso em 1998, fundamenta a ação do setor saúde na atenção integral à população idosa, em conformidade com a Lei Orgânica do SUS. Tem como propósitos basilares a promoção do envelhecimento saudável; a manutenção e a melhoria, ao máximo, da capacidade funcional dos idosos; a prevenção de doenças; a recuperação da saúde dos que adoecem; e a reabilitação daqueles que venham a ter a sua capacidade funcional restringida, de modo a garantir-lhes permanência no meio em que vivem, exercendo de forma independente suas funções na sociedade.

Com o intuito de incluir alguns profissionais da saúde como educador físico, assistente social, psicólogo, fisioterapeuta, terapeuta ocupacional, fonoaudiólogo, nutricionista e médicos especialistas na Estratégia de Saúde da Família (ESF), foi instituída a Portaria nº 154 de 24 de janeiro de 2008, do Ministério da Saúde, que deu início a criação dos Núcleos de Apoio à Saúde da Família – NASF, que tem como objetivo fortalecer a ESF. Esta preconiza a coordenação do cuidado a partir da Atenção Básica (BRASIL, 2008).

Os NASFs viabilizam o desenvolvimento de ações voltadas para a promoção, prevenção e recuperação da saúde e garantem os princípios do SUS, sendo eles universalidade, integralidade e equidade. Ampliam a abrangência e o escopo das ações da atenção básica, bem como sua resolubilidade, apoiando a inserção da ESF na rede de serviços e o processo de territorialização e regionalização a partir da atenção básica (BRASIL, 2008)

O fisioterapeuta vem ganhando grande espaço nos serviços de Atenção Básica à Saúde. A inserção do profissional de Fisioterapia tornou-se viável no serviço com a criação do

NASF, porém, também um desafio, uma vez que a Portaria do NASF deixa a critério do gestor a inclusão ou não desse especialista. Por isso, tornou-se preciso a organização das práticas profissionais em todas as ações de sua responsabilidade para assistência às ESF (TAVARES et. al., 2018).

A Fisioterapia atua trazendo grandes benefícios minimizando os efeitos que podem ser causados pelo envelhecimento e atuando na prevenção e promoção da saúde dos idosos. A Fisioterapia geriátrica tem como objetivo principal minimizar as limitações do idoso para as tarefas básicas de atividade de vida diária, no anseio de minimizar as consequências do processo de senescência e senilidade (TSUNODA 2016).

O fisioterapeuta presta assistência ao ser humano, em nível individual e coletivo, participando da promoção da saúde, prevenção de agravos, tratamento e recuperação da sua saúde, seguindo os princípios do SUS (COFFITO, 2013).

A Fisioterapia é uma ciência aplicada que utiliza conhecimentos e recursos próprios para promover, tratar e recuperar a saúde do paciente, considerando as condições sociais psíquicas, físicas e mentais. Tem hoje um papel de grande importância, pois atua em todos os níveis de atenção à saúde: promoção e prevenção, cura e reabilitação. A Fisioterapia aplicada à saúde do idoso está inserida desde a prevenção até a reabilitação. Dentro do contexto preventivo, o fisioterapeuta que atende a pessoa idosa, busca promover, aperfeiçoar ou adaptar o indivíduo às suas limitações, bem como contribuir para uma vida mais saudável, promovendo uma melhor qualidade de vida (TAVARES et. Al, 2018).

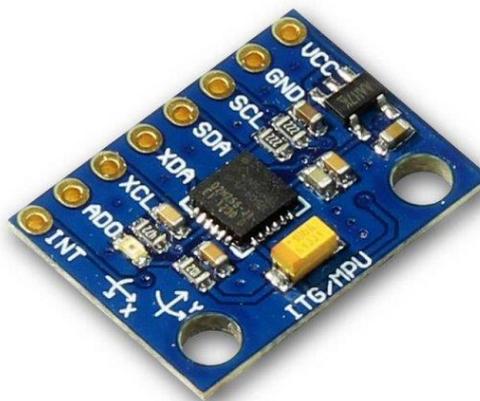
2.2 Acelerometria

A atividade física é considerada como uma grande aliada para melhora da qualidade de vida, impactando na prevenção dos fatores de riscos para doenças cardiovasculares e crônico-degenerativas em idosos (ANASTASOPOULOU, et al., 2014).

Os acelerômetros (Figura 1) têm sido utilizados para avaliar atividade do movimento de pessoas normais e idosas. A população de idosos é mais influenciada pelas flutuações do estado de saúde, humor, depressão ou ansiedade, além dos problemas de memória e cognição. Outro fator relevante é a dificuldade de percepção quanto à intensidade da atividade, uma vez que a tolerância e o nível do exercício são afetados pela idade (COPERLAND et al., 2009, CHEUNG et al., 2011). Além disso, as atividades mais realizadas por eles possuem intensidade leve a moderada, como caminhada a lazer e trabalhos domésticos, onde tais

atividades, muitas vezes não são avaliadas na forma de questionários. (GARATACHEA et al., 2010; DAVIS et al., 2007).

Figura 1- Acelerômetro MPU6050



Fonte:Rsrobotica, 2020.

Os acelerômetros têm a capacidade de identificar a aceleração linear de um objeto, que influencia na trajetória do corpo. Pode ser classificado como um dispositivo que reage ao estímulo de uma força externa exercida sobre o corpo em que esteja fixado. É capaz de medir a aceleração linear resultante do estímulo, sendo que geralmente possui três eixos (X, Y e Z) e fornece sua saída em função da aceleração da gravidade g , onde $1g \cong 9.8 \text{ m/s}^2$ ao nível do mar (TEXEIRA, 2010).

Podem ser classificados de acordo com o mecanismo que é utilizado para fazer a aferição da medida, os acelerômetros são definidos da seguinte forma: piezoelétrico ou eletromecânico, sendo que os do tipo piezoelétricos se utilizam da capacidade de alguns materiais de gerar tensões elétricas, quando submetidos a algum tipo de tensão mecânica, enquanto que os eletromecânicos, também conhecidos como servo acelerômetros, são baseados na lei de Ampere, que relaciona o campo magnético com a corrente elétrica (TEXEIRA, 2010).

A acelerometria é um método de análise cinemática do movimento humano, onde o movimento pode ser identificado através de dispositivos do tipo acelerômetros. Os acelerômetros são equipamentos que fornecem a posição do corpo durante a marcha para análises biomecânicas. A utilização de um acelerômetro tem como objetivo determinar a posição e a sensibilidade das vibrações mecânicas, amplitudes e frequências, que ocorrem durante o movimento do corpo (SANTOS, 2007).

Diversos benefícios podem ser constatados atualmente ao utilizar o acelerômetro como instrumento para avaliar o movimento, o baixo custo quando comparados com outros equipamentos, os testes não ficam restritos apenas ao laboratório, por ser um instrumento pequeno sem interferência na caminhada do participante e ainda, existe grande variedade de modelos com diferentes sensibilidades para aquisição (MUNIZ; ANDRADE, 2010).

3 REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

Este capítulo será composto de uma revisão sistemática realizada sobre o tema acelerometria com relação à aquisição de sinais em tratamento fisioterapêutico de idosos, abordando seus estudos, desafios e aplicações.

3.1 Processo adotado para Revisão Sistemática da Literatura (RSL)

As revisões sistemáticas são utilizadas para agregar as informações de um conjunto de estudos realizados separadamente sobre determinada intervenção, que podem apresentar resultados conflitantes ou coincidentes, identificando temas que necessitam de evidência (LINDE; WILLICH, 2003). A Revisão Sistemática da Literatura é dividida em algumas etapas, que devem ser realizadas de maneira sequencial e metódica, podendo utilizar alguns *softwares* que auxiliam na busca e gerenciamento da base de dados utilizada.

O ponto pé inicial para a RSL é a formulação das “Perguntas Conductoras”, que vai servir como um ponto norteador para que, quando as buscas pelo assunto sejam iniciadas, elas venham a ser respondidas ao longo da revisão.

Para o objeto deste trabalho foram feitas as seguintes questões:

- a) Como é feita a aquisição de sinais através de acelerometria em idosos?
- b) Como a acelerometria pode ser utilizada para a aquisição de sinais na reabilitação fisioterapêutica em idosos?
- c) Quais os desafios ou dificuldades identificadas na literatura relacionados com a aplicação da acelerometria na reabilitação de idosos?

Após a produção das perguntas conductoras, iniciou-se a estratégia de busca da RSL e a definição das demais etapas: Identificação, Triagem, Elegibilidade e Inclusão.

3.1.1 Identificação

Esta primeira etapa da RSL está relacionada a criação das *strings* de busca, definição das bases de dados e gerenciamento dos artigos que foram encontrados. Nesta fase são aplicados os primeiros filtros e critérios de busca com a finalidade de restringir o número de artigos diretamente na base (Tabela 1). Estes filtros podem ser de tempo, tipo de arquivo,

idioma, etc. No caso da RSL realizada para este trabalho, como busca inicial, foram utilizados os seguintes filtros:

- a) Tempo: trabalhos publicados no período de 2013 a 2018;
- b) Idioma: trabalhos publicados em inglês;
- c) Tipo de arquivo: trabalhos em .pdf;
- d) Artigos publicados em periódicos.

Por se tratar de um tema da área de engenharia, mas que envolve também a área de saúde, foram utilizadas 4 *strings* genéricas de busca, sendo todas elas combinadas com conector lógico AND, bem como adaptadas a cada ferramenta de busca de cada base de dados:

- a) (((Monitoring) OR Acquisition) AND Accelerometry) AND Elderly)
- b) (((((Monitoring) OR Acquisition) AND Accelerometry) AND Physiotherapy) AND Elderly) AND Health education
- c) (((((Monitoring) OR Acquisition) AND Elderly) AND Accelerometry) AND Physiotherapy)
- d) (((Monitoring) AND Accelerometry) AND Physiotherapy) AND Elderly

Tabela 1 - Bases de dados e suas respectivas quantidades de trabalhos associados às palavras chaves encontrados

Base de Dados	Quantidade de artigos
IEEX	15
Science Direct	11
Springer	88
Pubmed	10
Bireme	5
ACM	6
PMC	246
Total	381

Fonte: o autor, 2020.

Para gerenciamento e análise dos artigos encontrados nas bases de dados pesquisadas, foi utilizado o programa Mendeley para que fossem aplicados os critérios de exclusão do trabalho e a realização da triagem inicial dos artigos, aplicando-se os seguintes critérios de exclusão:

- a) Remoção de duplicatas;
- b) Remoção de artigos sem informações dos autores;
- c) Remoção de artigos não relacionados a área e pesquisa, mas que foram incluídos na busca devido às palavras chaves ou combinações;
- d) Remoção de trabalhos realizados com animais;
- e) Remoção dos artigos sem DOI;
- f) Remoção de publicações em anais e congressos.

Após este processo de triagem, o número total de artigos foi reduzido, chegando a uma quantidade de 356 artigos selecionados para a próxima etapa.

3.1.2 *Triagem*

Nesta etapa, foi necessário analisar título e resumo dos 356 artigos um a um.

A filtragem realizada avaliou os seguintes pontos:

- a) Títulos não correlacionados com os questionamentos de pesquisa;
- b) Eventuais capítulos de livros, notas técnicas, listas de *posters*, que porventura passaram no filtro realizado na etapa anterior;
- c) Remoção de artigos em que não era possível obter o arquivo em .pdf;
- d) Remoção de trabalhos realizados com animais, que porventura passaram na triagem anterior.

Foi escolhido utilizar os trabalhos publicados em periódicos devido ao impacto e qualidade na apresentação dos resultados. Ao fim do processo de triagem, foi obtido um total de 30 artigos de periódicos apenas, na base resultante da etapa anterior para que fossem analisados introdução e conclusão de cada artigo.

3.1.3 *Elegibilidade*

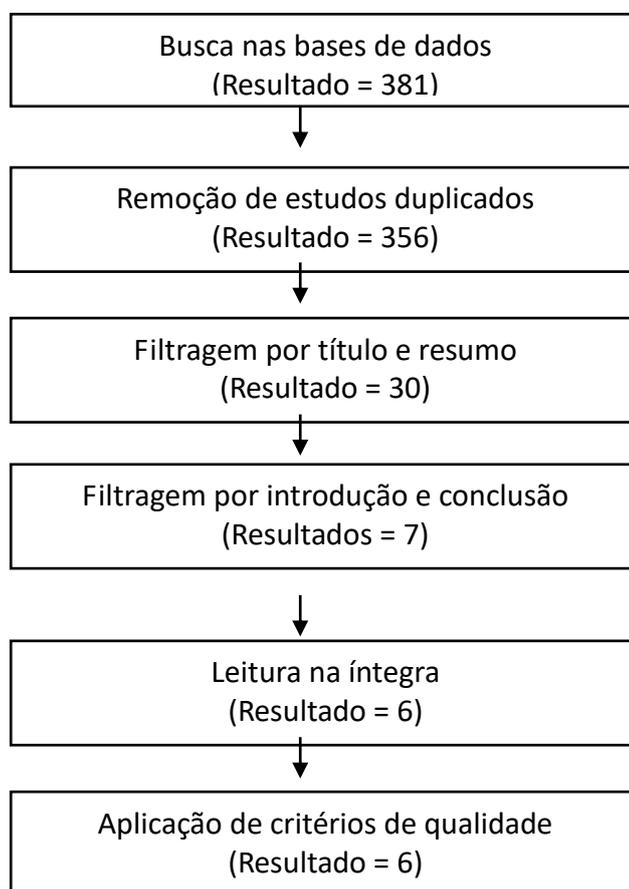
Após analisar introdução e conclusão dos artigos, na penúltima etapa da RSL, resultaram 6 artigos em seu texto completo, onde é feito um *ranking* entre eles e novos filtros

podem ser aplicados. Os filtros aqui foram mais criteriosos, pois a etapa final deve conter os trabalhos que serão analisados.

Eles foram classificados num *ranking* de escala de 0 a 5 de acordo com o conteúdo apresentado e a importância dos seus resultados. Trabalhos que apresentavam revisão sistemática; que utilizavam acelerometria; que apresentavam resultados superficiais ou que a metodologia não era muito clara, foram classificados com notas entre 0 e 3, não foram incluídos no estudo final, porém foram muito importantes para este estudo.

Após toda esta análise, foram incluídos no estudo da RSL um total de 6 artigos (Figura 2), que apresentaram notas 4 ou 5.

Figura 2 - Fluxograma das estratégias para revisão sistemática da literatura.



Fonte: o autor, 2020.

Após a análise descrita anteriormente, os dados foram dispostos na tabela 2 com informações sobre o autor, ano, título do artigo, amostra, intervenção, as limitações encontradas em cada artigo e o desfecho de cada estudo.

Tabela 2 – Estudos da RSL

Autor/Ano	Título	Amostra	Intervenção	Limitações	Desfecho
Soaz, Cristina Diepold, Klaus, 2016.	Detecção de passo e parametrização para avaliação da marcha usando um único acelerômetro usado na cintura.	10 adultos saudáveis e 21 idosos institucionalizados.	Objetivou a detecção do sinal de aceleração em idosos que andam em baixa velocidade e, portanto, com risco de declínio funcional usando um único acelerômetro usado na cintura – o actibelt®, e avaliar a capacidade da marcha em idosos com base nas diferenças entre os padrões de caminhada saudável e frágil.	Os falsos positivos foram avaliados com uma série de atividades de movimento realizadas por um sujeito. Essas atividades simulam padrões de aceleração semelhantes aos gerados perto do centro de massa do corpo enquanto caminhamos em termos de sinal de amplitude e periodicidade. Andar de bicicleta foi a atividade que levou a um número maior de falsos positivos. Ao aplicar a correspondência de modelos, reduzimos em 73% o número de falsos positivos na atividade de ciclismo e eliminamos todos os falsos positivos no restante das atividades.	Foi feita avaliação confiável a longo prazo do funcionamento físico e monitoramento da terapia por exercícios. A colocação do sensor dentro de uma fivela de um cinto normal demonstrou fornecer informações confiáveis para detectar etapas com alta sensibilidade, mesmo em idosos frágeis que andam a uma velocidade relativamente baixa. Além disso, o uso de um único sensor de aceleração usado na cintura é possível distinguir o sinal de aceleração algumas das principais forças responsáveis pelo controle da marcha.
Rampp A; Barth J; Schülein S et	Cálculo	116 pacientes de internados em	Calcular os parâmetros de marcha temporal e	No campo da análise de passada por sensor inercial, um grande problema é	O estudo de validação que descreve um sistema móvel de

al, 2015. parâmetro de passada baseado em sensor inercial a partir de sequências de marcha em pacientes geriátricos

geriatria foram coletados no Centro de Geriatria Erlangen na Alemanha.

espacial clinicamente relevantes utilizando acelerômetro e giroscópio, posicionados lateralmente abaixo de cada do tornozelo.

o manuseio da marcha alterada, que é frequentemente encontrada em pacientes geriátricos.

análise da marcha fornece a base para o monitoramento a longo prazo de uma grande coorte de pacientes com comprometimento da marcha durante a vida cotidiana.

continuação

Liu Y, Redmond S, Shany T et al, 2014. Validação de um modelo de previsão de queda baseado em acelerômetro

98 indivíduos que foram estratificados em dois grupos separados, um para treinamento de modelo e outro para validação de modelo.

Investigar a capacidade e a validade do uso de um acelerômetro triaxial (AT) montado na cintura e uma rotina direcionada que inclui três tarefas de movimento para discriminar entre os que caem e os que não caem e entre os que caem e os que não caem mais.

Os autores não descrevem de forma clara a caracterização da amostra no início da metodologia.

O estudo investigou a capacidade da modelagem de regressão logística stepwise para classificar entre não-múltiplos e múltiplos fallers, ao usar dados de acelerometria de três tarefas diferentes de rotina direcionada. Deve-se notar que as múltiplas categorias de fallers são fortemente desequilibradas em todos os casos, independentemente da tarefa de recuperação de desastres, pois existem apenas 20 dos 98 indivíduos (extraídos de ambas as coortes) na categoria de faller

múltiplo. Usando dados de acelerometria de todas as três tarefas de recuperação de desastres, os modelos selecionados obtiveram um desempenho ruim de validação ao testar no outro grupo de sujeitos (julgado pela sensibilidade, especificidade derivadas de classes estimadas e classes reais de faller).

continua

continuação

**Prayook
Jatesiktat;
Wei Tech
Ang, 2017.**

Uma detecção de queda em idosos usando um acelerômetro e um barômetro usados no pulso

No conjunto de testes, são registradas 30 quedas simuladas de um sujeito. Os registros contêm 6 estilos de queda em uma folha de esponja de 15 cm de espessura

Detecção de quedas em idosos através de um acelerômetro de 3 eixos e um barômetro em um dispositivo usado no pulso.

O grupo-alvo do estudo é o idoso, mas não foi feito nenhum teste com grupos de idosos, apenas foi simulado os testes com um indivíduo aleatório.

Atividades semelhantes a quedas, como sentar no chão, ainda precisam de melhores recursos dos sensores com uma resposta rápida, como um acelerômetro. Capturar esses padrões de um acelerômetro seria o próximo passo para melhorar a robustez do algoritmo de detecção de quedas.

Além disso, o sistema será implantado em várias casas de

**Bourke A,
Ihlen E,
Van De Vem
P,
Nelson J,
Helbostad J,
2016**

Validação de análise de vídeo de um algoritmo de detecção de atividade física em tempo real com base em um único sensor acelerômetro triaxial montado na cintura

10 idosos saudáveis, com idades entre 73 e 90 anos, realizaram uma série de atividades com um acelerômetro triaxial fixado na cintura.

Desenvolvimento de um algoritmo 10 idosos que executam um conjunto de AVDs e a validação do algoritmo usando 20 voluntários idosos, onde os dados serão validados por vídeo.

O ponto fraco do algoritmo é se uma transição postural é perdida pelo algoritmo. O algoritmo continuará parado em um estado incorreto até que outra transição postural seja realizada ou até que uma caminhada seja detectada.

usuários frequentes para avaliação mais prática e coleta real de dados de queda.

Foi validado um algoritmo de classificação de atividades em tempo real que é potencialmente adequado para aplicações de baixa potência em um sistema de uso corporal, que requer uma unidade de processamento relativamente leve. Esta é uma das validações mais detalhadas de um algoritmo de sensor usado no corpo até o momento e oferece uma visão dos desafios do desenvolvimento de um algoritmo de classificação de atividade física em tempo real para um sensor baseado em acelerômetro triaxial usado na cintura.

**Howcroft, J,
Lemaire, E,
Kofman, J,
McIlroy, W,
2014**

Análise da marcha de idosos com dupla tarefa usando palmilhas de pressão plantar e acelerômetro

Este estudo investigou

O estudo é limitado pelo pequeno tamanho da amostra. Além disso, os participantes não foram formalmente

11 idosos comunitários independentes ou residentes em casas de repouso participaram deste estudo. Os participantes tinham idade média de 76 anos.

alterações da marcha em indivíduos idosos devido à adição de uma carga cognitiva, usando palmilha sensível à pressão e medidas do acelerômetro tri-axial.

selecionados para distúrbios cognitivos, e os critérios de exclusão de distúrbios cognitivos foram baseados no auto-relato dos participantes. Alguns participantes podem ter distúrbios cognitivos não diagnosticados e não relatados.

Este estudo deve ser replicado em adultos jovens para determinar se ocorrem alterações semelhantes na marcha ou se os resultados são específicos para adultos mais velhos.

Fonte: o autor, 2020.

Soaz; Diepold. (2016), em seu trabalho, utilizou um único acelerômetro triaxial, situado na cintura para a detecção da subida de degraus em idosos que andam em baixa velocidade e, portanto, com risco de declínio funcional. Um segundo objetivo do estudo foi investigar o potencial do dispositivo para avaliar a capacidade da marcha dos idosos com base nas diferenças dos padrões de caminhada frágil ou saudável. Foi utilizado um algoritmo para detecção de etapas desenvolvido e validado, usando dados de 10 adultos saudáveis e 21 idosos institucionalizados. Cada um dos indivíduos realizou um teste de caminhada de 10 m. O algoritmo demonstrou alta sensibilidade média ($99 \pm 1\%$) para velocidades da marcha entre 0,2 e 1,5 m / s. Os falsos positivos foram avaliados com uma série de atividades de movimento realizadas por um sujeito. Essas atividades simulam padrões de aceleração semelhantes aos gerados perto do centro de massa do corpo enquanto é realizada a caminhada em termos de sinal de amplitude e periodicidade.

Liu et al. (2014), em seu trabalho, utilizaram um acelerômetro triaxial para coleta de dados de 98 indivíduos para investigar a capacidade e a validade do uso de um acelerômetro triaxial e uma rotina direcionada, que inclui três tarefas de movimento para discriminar entre os que caem e os que não caem. Os dados foram transmitidos através da comunicação Bluetooth para um computador em tempo real. O acelerômetro foi acoplado à cintura na área ilíaca anterior direita, para medir o movimento do corpo, durante a avaliação do conjunto de tarefas simples de movimentação, que leva aproximadamente cinco minutos para ser concluído. Ele inclui três tarefas de movimento diferentes, que são: teste de ativação e desativação cronometrado, teste de etapa alternativa e transferência do sit-to-stand com cinco repetições.

Rampp et al. (2015) apresentaram em seu trabalho “a construção de um método melhorado para o cálculo dos parâmetros comprimento da passada, tempo de passo, o tempo de rotação e tempo de apoio a partir de uma grande quantidade de dados de alteração da marcha e com um modelo deriva individualizado. O segundo objetivo do estudo foi mostrar que o sistema de análise de marcha móvel é aplicável sem interferência pelo uso de auxiliares de marcha. A aquisição dos sinais foi feita através de uma plataforma de sensores inerciais, composta por um giroscópio e um acelerômetro de três eixos. Os dados foram coletados em 116 pacientes internados, que usavam sapatos com um sensor colocado lateralmente logo abaixo de cada articulação do tornozelo. Todos os sujeitos usavam o mesmo modelo de tênis para evitar influências nos parâmetros da marcha, causados por diferentes modelos de sapatos. Os pacientes foram orientados a realizar uma caminhada normal, com uma distância de 10 m em sua velocidade de caminhada confortável. Uma outra parte dos indivíduos contou com o

auxílio de andador para realizar a caminhada de 10 m. Nos dois testes, os indivíduos foram solicitados a caminhar com economia e velocidade confortáveis. Cada sujeito realizou os dois testes dentro de um período de vários minutos. Os indivíduos que usavam o andador por menos de cinco dias, foram convidados a caminhar 1 a 2 minutos com o dispositivo auxiliar.

Jatesiktat; Ang. (2017), apresentaram em seu estudo um método que integra um acelerômetro de 3 eixos e um barômetro em um dispositivo usado no pulso para detectar quedas. Foram feitas simulações em um único indivíduo, onde registraram 30 quedas simuladas, contendo 6 estilos de queda com o aparato de uma folha de esponja de 15 cm de espessura. O acelerômetro de 3 eixos (LCIS3DSH, ST Electronics) é amostrado a 100 Hz na faixa de ± 6 g para garantir que ele não perca nenhum pico de alta frequência e alta magnitude de um impacto causado pela queda.

Bourke et. al (2016), dividiram o seu estudo em duas etapas. A primeira consistiu no desenvolvimento de algoritmos, utilizando 10 idosos sendo 5 homens e 5 mulheres saudáveis, com idades entre 73 e 90 anos. Foi pedido para que os voluntários realizassem uma série de atividades com um acelerômetro triaxial, localizado na cintura. O protocolo de atividades do estudo inclui: sentar e levantar de uma poltrona, sentar e levantar de uma cadeira de cozinha, sentar e levantar de um vaso sanitário, entrar e sair de um carro, sentar e levantar de uma cama, deitar e ficar de uma cama, subindo e descendo escadas e caminhando 10m, todos repetidos 3 vezes. Após esta etapa de desenvolvimento, houve a etapa de validação do algoritmo, onde foram recrutados 20 participantes idosos. Os participantes apresentavam idades que variavam de 68 a 90. Os sujeitos usavam uma seleção de dispositivos baseados em sensores inerciais no quadril direito, enquanto realizavam um protocolo semiestruturado e um protocolo de atividade de vida livre. Para o protocolo semiestruturado, os sujeitos receberam instruções para realizar tarefas projetadas para gerar atividades específicas por um investigador do estudo. Todas as tarefas foram repetidas sequencialmente 3 vezes.

Howcroft et. Al (2014) investigaram as alterações da marcha apresentadas por idosos com idade a partir de 65 anos, usando palmilha sensível à pressão e medidas do acelerômetro tri-axial. Para a etapa de investigação das alterações da marcha, os participantes foram orientados a realizarem uma caminhada de 7,62 m com e sem carga cognitiva. A carga cognitiva era uma tarefa de fluência verbal, que exigia que os participantes dissessem palavras começando com A, F ou S. A letra e a ordem das atividades de caminhada foram randomizadas.

O nível de atividade realizada por pessoas idosas pode ser um indicador de grande importância no processo de reabilitação, podendo entender que a inatividade física é

responsável por grande parte das incapacidades causadas pelos efeitos do envelhecimento, além do aumento da fragilidade e maior risco de quedas. Para poder fazer a mensuração dos níveis de atividade física nos idosos, podem ser utilizados equipamentos que apresentam mensurações mais objetivas e precisas como os acelerômetros. A acelerometria é definida como um método importante para avaliação da variação da atividade física de acordo com a aptidão de cada idoso submetido a reabilitação.

Como resultado dos estudos obtidos na revisão sistemática da literatura, pode-se perceber que todos os estudos avaliados utilizaram acelerômetros triaxiais, quatro deles, Soaz; Diepold. (2016), Bourke et. al (2016), Howcroft et. Al (2014) e Liu et al. (2014) utilizaram os acelerômetros posicionados na cintura, já Rampp et al. (2015) posicionaram o sensor logo abaixo a articulação do tornozelo. Jatesiktat; Ang. (2017) durante a coleta de dados, utilizaram o sensor no pulso.

Dos estudos analisados, Soaz; Diepold. (2016) utilizaram 31 indivíduos, sendo 10 adultos saudáveis e 21 idosos institucionalizados. Liu et al. (2014) definiram somente pessoas idosas para que fossem feitas as coletas de dados, utilizando 98 indivíduos. Rampp et al. (2015) utilizaram 116 idosos internados. Jatesiktat; Ang. (2017), utilizaram um indivíduo sem definir se era idoso ou jovem para que fossem feitos os testes e depois aplicado no público idoso. Diferente dos autores anteriores, Bourke et. al (2016), utilizando 10 idosos, dividiu sua amostra por gênero, definindo 5 homens e 5 mulheres que não apresentassem nenhuma restrição de saúde e Howcroft et. al (2014) recrutaram 11 idosos saudáveis.

Durante a realização de alguns estudos, houve o auxílio de outros dispositivos como giroscópio (Rampp et al. 2015), barômetro (Jatesiktat; Ang. 2017) e palmilhas com sensores de pressão, onde o giroscópio foi utilizado para calcular os parâmetros comprimento da passada, tempo de passo, o tempo de rotação e tempo de apoio a partir de uma grande quantidade de dados de alteração da marcha, o barômetro para detectar quedas e as palmilhas para detectar alterações da marcha apresentada pelos idosos.

Para que fossem feitas as coletas de dados, os autores utilizaram diferentes protocolos de atividades para realizar as aquisições. Soaz; Diepold. (2016), utilizaram um teste de caminhada de 10 m. Liu et al. (2014), utilizaram testes de ativação e desativação cronometrado, teste de etapa alternativa e transferência do sentar e levantar com cinco repetições. Rampp et al. (2015) também utilizaram um teste de caminhada de 10 m feito no estudo de Soaz e Diepold, sendo que, uma parte dos indivíduos submetidos ao teste, utilizou o auxílio do andador para realização da caminhada, e os que faziam a utilização do andador por mais de cinco dias, fizeram a caminhada em um tempo de 2 minutos. Já Jatesiktat; Ang.

(2017), utilizaram uma simulação de quedas, onde foram simuladas 30 quedas em 6 estilos diferentes. Bourke et. al (2016), utilizaram um protocolo de atividades que incluem: sentar e levantar de uma poltrona, sentar e levantar de uma cadeira de cozinha, sentar e levantar de um vaso sanitário, entrar e sair de um carro, sentar e levantar de uma cama, deitar e ficar de uma cama, subindo e descendo escadas e caminhando 10m, todos repetidos 3 vezes. Já Howcroft et. al (2014), utilizaram uma caminhada de 7,62 m com e sem carga cognitiva.

4 METODOLOGIA

A presente pesquisa foi aprovada pelo comitê de ética pelo CAAE 06276819.6.0000.5208.

4.1 Desenho do Estudo e Local do Estudo

Tratou-se de um estudo piloto e consistiu em três etapas, onde a primeira foi composta pelo desenvolvimento/adaptação e avaliação do equipamento, que foi desenvolvido no Laboratório de Interface Homem-Máquina, pelo grupo de pesquisa em Engenharia Biomédica. Essa etapa teve a finalidade de verificar o funcionamento do circuito. O equipamento é composto por quatro acelerômetros, um cartão de memória e um módulo Bluetooth, para verificar execução dos movimentos realizados e avaliar possíveis desequilíbrios, essas são ferramentas já existentes no grupo de pesquisa.

A segunda etapa do estudo foi composta pelos testes preliminares, onde foram feitos com o pesquisador para saber se realmente era viável a realização do protocolo. Nos testes preliminares, foram aplicados 6 exercícios, sendo 2 exercícios de membros superiores (Supino, e elevação alternada de membros superiores), 2 exercícios de membros inferiores (Flexão e extensão da perna direita e marcha estática) e 2 exercícios combinados (Diagonais e flexão e extensão da perna direita combinado com supino). Após os testes preliminares, foram realizados os testes clínicos do instrumento utilizando um módulo bluetooth ou cartão de memória, que avaliará o equipamento desenvolvido sincronicamente com os acelerômetros. Utilizou-se um protocolo de 10 exercícios desenvolvido pelo pesquisador sendo adaptado para os 5 voluntários de acordo com as suas necessidades e visando verificar a viabilidade do equipamento. O protocolo de exercícios consiste em 4 exercícios de membros superiores (Elevação dos braços, abdução horizontal dos braços, elevação alternada dos braços e supino), 4 exercícios de membros inferiores (Flexão e extensão alternada das pernas, marcha estática, abdução da perna e flexão e extensão da perna na posição de pé) e 2 exercícios combinados (Flexão e extensão de membros superiores combinado com os membros inferiores e diagonais).

Os participantes foram convidados a ler e assinar o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido – TCLE. O trabalho atendeu as normas do conselho de Ética e Pesquisa em Seres Humanos e as normas do Ministério da Saúde conforme a resolução 466 de 12 de dezembro de 2012. A amostra foi composta por conveniência, onde foram recrutados 5 indivíduos

voluntários com idade a partir de 60 anos. Inicialmente, foi preenchida uma ficha de avaliação onde registrou se o indivíduo apresenta alguma patologia ou antecedentes familiares. Posteriormente, foi mostrado o protocolo de exercícios e passadas as orientações de como deveriam ser realizados.

Os participantes elegíveis foram indicados a utilizar o dispositivo desenvolvido para este estudo. Cada participante realizou o teste no prazo de sete dias, onde o teste teve duração de 20 a 40 minutos com a utilização do instrumento desenvolvido.

Durante todo o teste, os participantes foram monitorados pelo acelerômetro. Os dados obtidos e o protocolo de exercícios foram analisados para verificar a funcionalidade e a usabilidade do dispositivo.

4.2 Critérios de inclusão e exclusão

Foram selecionados indivíduos de ambos os sexos, com idade a partir de 60 anos, cognitivo preservado e que são assistidos pela Unidade de Saúde da Família Agamenon Magalhães 2. Foram excluídos da pesquisa os indivíduos acamados e indivíduos que apresentam doenças cardiorrespiratórias.

4.3 Análise dos dados

Após a aquisição dos sinais da acelerometria, em formato digital, é possível utilizar técnicas de processamento para melhorar o sinal e executar filtragens. Após o processamento da informação adquirida, houve a extração de alguns parâmetros como acelerações, deslocamentos e a disponibilização dos dados visualmente em uma interface desenvolvida para o equipamento. Foram identificados padrões no sinal de acelerometria para os exercícios escolhidos no protocolo. Desta maneira, o fisioterapeuta poderá confirmar a realização do protocolo completo de exercícios e as alterações na saturação do sangue e da frequência cardíaca.

5 DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA DE AQUISIÇÃO DE ACELEROMETRIA

O processo de desenvolvimento do sistema de aquisição foi composto de duas etapas, a primeira etapa composta pelo instrumento eletrônico e a segunda etapa, composta pelos testes preliminares.

5.1 Instrumento eletrônico

O equipamento desenvolvido (Figura 3) é composto por quatro acelerômetros integrados a um microcontrolador com comunicação com um computador. Foi utilizada a placa de desenvolvimento MSP430 (Figura 4) para a construção do equipamento. Esta placa de desenvolvimento da *Texas Instruments* é uma placa de baixo custo com o microcontrolador MSP430G2553 com 16KB de memória flash e 512B de memória RAM, que pode funcionar em 16MHz. Dentre as principais características desta placa de desenvolvimento, pode-se citar o baixo consumo de energia, permitindo o uso de baterias por longos períodos. A comunicação do equipamento com o computador é realizada através do cartão de memória (Figura 5) ou do protocolo Bluetooth (Figura 6).

Figura 3 - Instrumento desenvolvido para aquisição dos sinais de movimento.



Fonte: o autor, 2020.

Figura 4 - Placa de desenvolvimento MSP430 utilizada na construção do equipamento.



Fonte: embarcados, 2018.

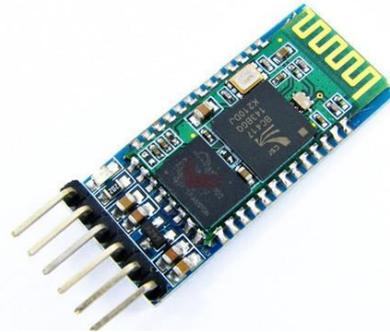
Figura 5 - Módulo de cartão micro SD para realizar o armazenamento dos dados adquiridos pelo dispositivo.



Fonte: Robtronics, 2019.

Na primeira etapa, a transmissão de dados sem fio para o computador foi feita utilizando um dispositivo com protocolo Bluetooth 2.0 (Figura 6). Este tipo de protocolo trabalha com baixo consumo de energia e com alcance máximo 50 metros, dependendo da potência utilizada. Os dispositivos de Bluetooth trabalham na faixa de frequência ISM (Industrial, Scientific, Medical), oferecem taxa de transmissão relativamente alta (3Mbits/s para o Bluetooth 2.0), e trabalham de modo pareado com os dispositivos, garantindo uma transmissão segura de dados. O bluetooth apresenta um baud rate de 115.200 bytes/seg.

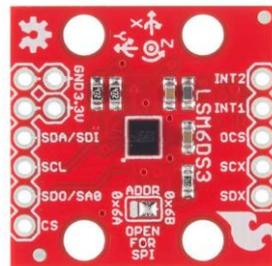
Figura 6 - Módulo Bluetooth utilizado na transmissão de dados adquiridos para o computador.



Fonte: vida de silício, 2020.

Os sensores inerciais são utilizados em situações nas quais é necessário perceber os efeitos da ação de forças que provocam uma mudança no estado inercial de sistemas. No caso do protocolo de reabilitação, sensores do tipo acelerômetros podem ser utilizados para identificar padrões dos exercícios prescritos. O módulo escolhido para o sistema contém um acelerômetro LSM6DS3 (Figura 7), usando tecnologia MEMS (Microelectromechanical Systems), tendo 6 graus de liberdade (6DOF) ao todo. O conversor AD (analógico-digital), integrado ao módulo MPU 6050 possui 16-bits e adquire os sinais para os eixos X, Y e Z, simultaneamente. É um dispositivo de consumo baixo, diminuindo assim o número de fios conectados ao dispositivo e facilitando o trabalho no momento da aquisição. O acelerômetro apresenta configuração 2G, fazendo com que seja duas vezes a gravidade e adquirindo 76 amostras por segundo.

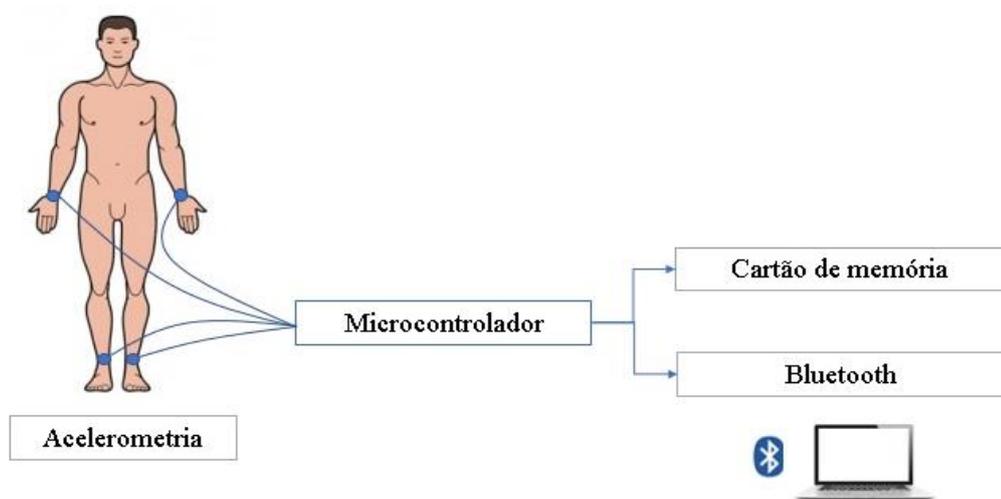
Figura 7 - Acelerômetro LSM6DS3 utilização pelo dispositivo na aquisição de sinais dos exercícios terapêuticos.



Fonte: Active-robots, 2020

A figura 8 mostra o esquema para a aquisição do sinal de acelerometria. Os quatro acelerômetros capturam e enviam o sinal para o microcontrolador. Logo após a aquisição, o microcontrolador envia o sinal via bluetooth para um computador portátil e concomitantemente grava os dados no cartão microSD.

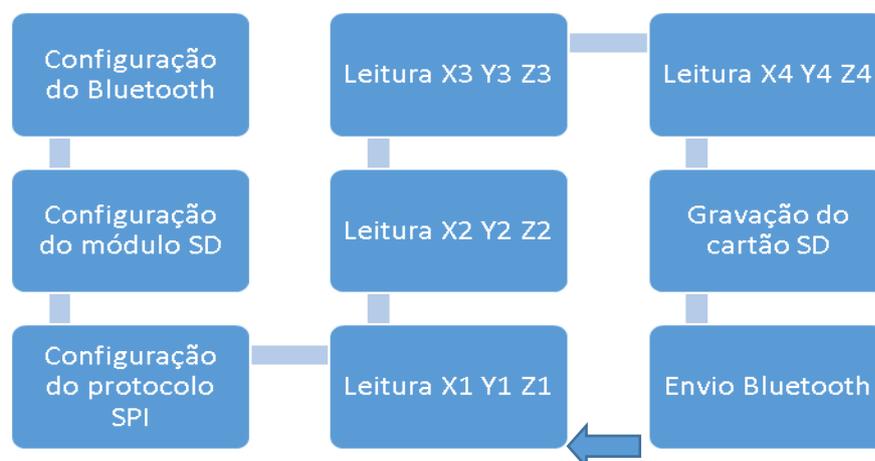
Figura 8 - Esquema de aquisição do sinal através de acelerômetros.



Fonte: o autor, 2020.

A figura 9 ilustra o firmware do projeto, ou seja, o programa gravado no microcontrolador da placa de desenvolvimento MSP430. Inicialmente, são feitas as configurações do módulo Bluetooth, do módulo SD e do protocolo de comunicação SPI. Em seguida, o programa entra em um loop em que são feitas as leituras dos quatro acelerômetros, a gravação do cartão SD e o envio dos dados via Bluetooth. É válido salientar que os quatro acelerômetros e o módulo do cartão SD funcionam via SPI, por isso o microcontrolador só pode acessar um dispositivo por vez, através do pino de chip select.

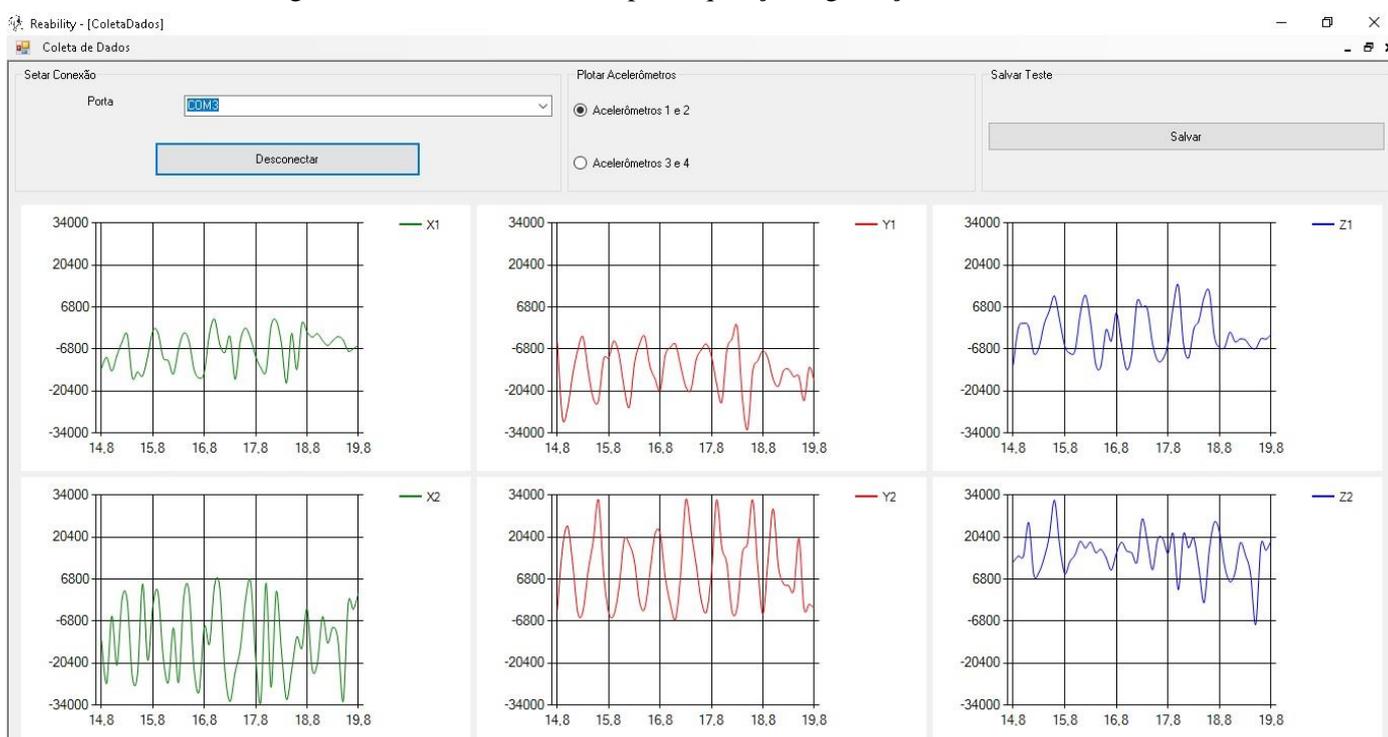
Figura 9 - Esquemático da configuração do firmware utilizado na aquisição dos dados.



Fonte: o autor, 2020.

Após a aquisição dos sinais de acelerometria pelo microcontrolador (MCU), esses sinais coletados foram processados, gerando um pacote que, posteriormente, foi enviado através da comunicação Bluetooth. Quando gerado o pacote, o Notebook recebe esses dados e envia para um Software, que verifica se o pacote veio correto. O software utilizado foi o Reability (Figura 10), que é capaz de gerar um arquivo texto para ser importado pelo software Matlab para realizar a análise do sinal de acelerometria, identificando os exercícios, quantidade de repetições e duração de cada exercício do protocolo realizado (CAVALCANTE, 2015).

Figura 10 - Software utilizado para aquisição e gravação dos dados.



Fonte: o autor, 2020.

5.2 Testes Preliminares

Os testes preliminares tiveram como finalidade testar a monitorização dos movimentos do protocolo fisioterapêutico, que foi proposto para ser realizado com os idosos, sendo esses movimentos captados através da acelerometria. Foram utilizados quatro acelerômetros para a coleta, onde os gráficos estão com os três eixos na ordem X, Y e Z. Posteriormente, foram realizados protocolos com 10 exercícios, contudo inicialmente foi realizada a aplicação de um protocolo fisioterapêutico, composto por 6 exercícios:

- Supino
- Elevação alternada de membros superiores
- Flexão e extensão de membro inferior direito
- Marcha estática
- Diagonais
- Flexão e extensão de membro inferior direito combinado com supino

Foram feitas as aquisições dos sinais de acelerometria, verificando as variações dos eixos X, Y e Z em cada exercício do protocolo. Observou-se que houve variação dos eixos, possibilitando, durante a realização dos exercícios, definir a quantidade de repetições que foram realizadas, a variação na acelerometria e qual exercício foi realizado dentro do protocolo proposto (Figura 11).

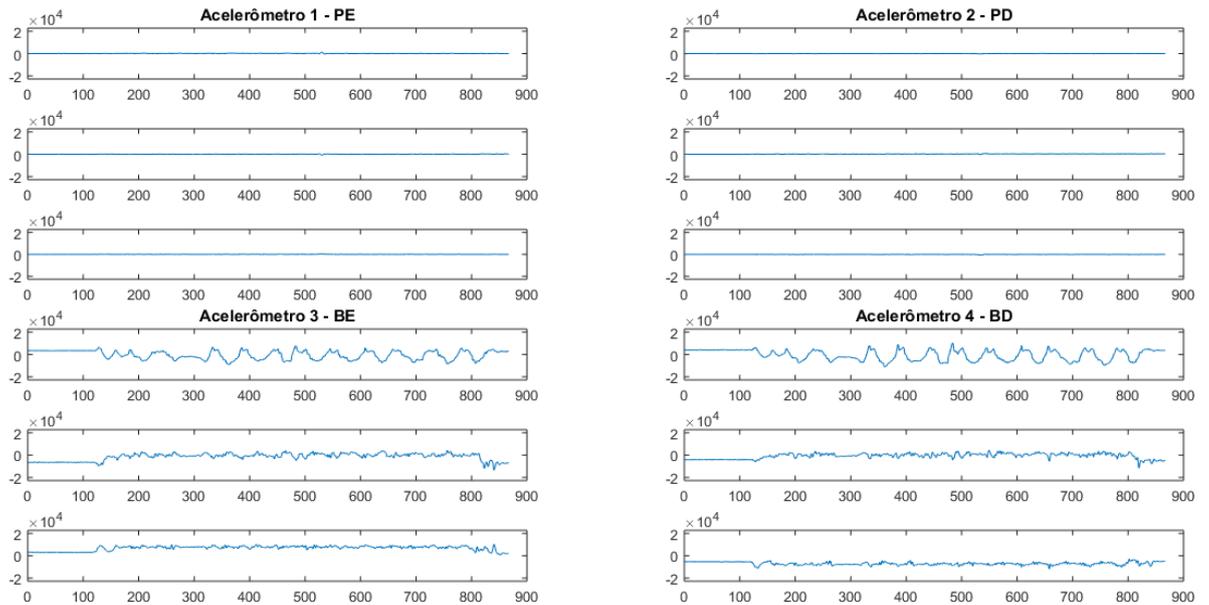
Na figura 12, pode-se perceber no exercício supino que houve variação significativa no eixo X pelo fato do movimento ser majoritariamente de flexão/extensão. Uma pequena variação dos eixos Y ocorre devido a uma pequena abdução dos braços no movimento, e dos eixos Z por conta usuário não manter o mesmo alinhamento, durante o exercício. Este exercício consiste na adução horizontal de ombros, associada à extensão de cotovelos com o indivíduo na postura sentada.

Figura 11- Realização do exercício de supino em 10 repetições e coletado por meio de quatro acelerômetros. Início do movimento (A) e término do movimento (B)



Fonte: o autor, 2019.

Figura 12 - Exercício de supino em 10 repetições e coletado por meio de quatro acelerômetros



MSE – Membro superior esquerdo, MSD – Membro superior direito, MIE – Membro inferior esquerdo, MID – Membro inferior direito.

Fonte: o autor, 2019.

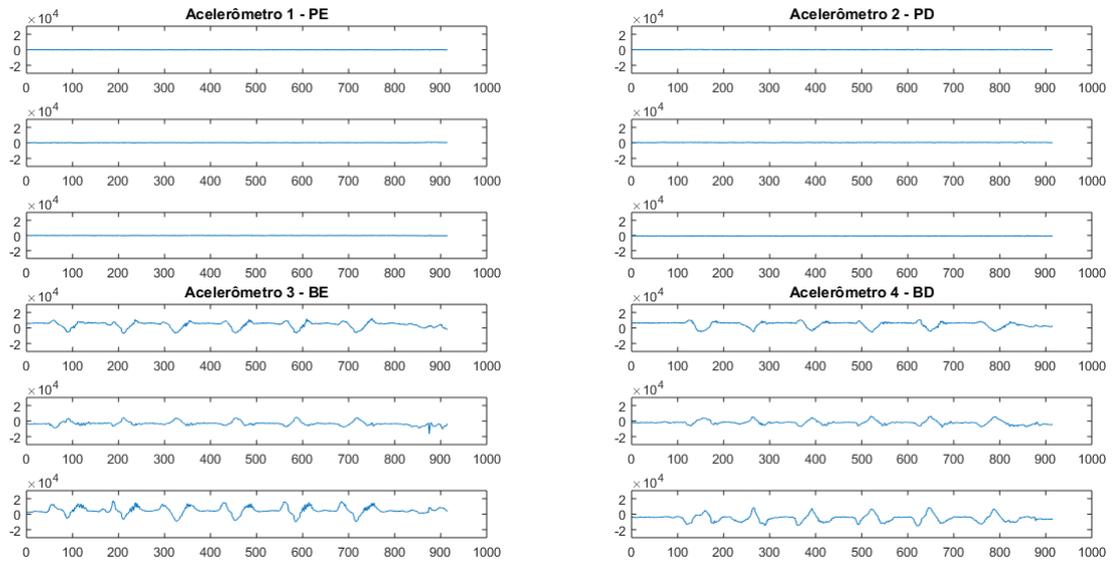
O exercício de elevação alternada de membros superiores - MMSS consiste na flexão do ombro de maneira alternada (Figura 13). A figura 14 mostra os gráficos dos quatro acelerômetros para o movimento de elevação alternada de braços. Pode-se observar que houve uma variação significativa nos eixos X e Z dos dois braços, e uma leve variação do eixo Y durante a execução do exercício. A variação pequena no eixo Y dá-se pela leve abdução dos braços no momento de elevação.

Figura 13 - Realização do exercício de elevação alternada de MMSS em 10 repetições e coletado por meio de quatro acelerômetros. Início do movimento (A) e término do movimento (B)



Fonte: o autor, 2019.

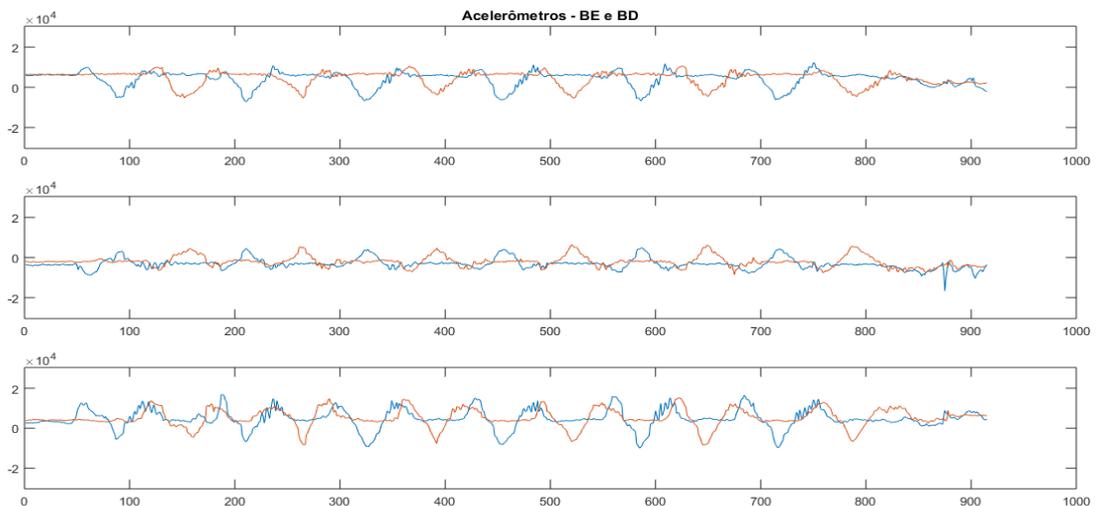
Figura 14 - Exercício de elevação alternada de MMSS em 10 repetições e coletado por meio de quatro acelerômetros.



MSE – Membro superior esquerdo, MSD – Membro superior direito, MIE – Membro inferior esquerdo, MID – Membro inferior direito
 Fonte: o autor, 2019.

Na figura 15, observa-se com bastante clareza a comparação dos membros superiores, durante a realização da elevação alternada, apresentando grande variação no eixo Z. Pode-se observar na sobreposição dos gráficos, que quando um dos membros superiores está elevado, o outro está abaixado. O traçado azul é referente ao membro superior esquerdo e o traçado vermelho ao membro superior direito.

Figura 15 - Exercício de elevação alternada com os eixos sobrepostos



MSE – Membro superior esquerdo, MSD – Membro superior direito
 Fonte: o autor, 2019.

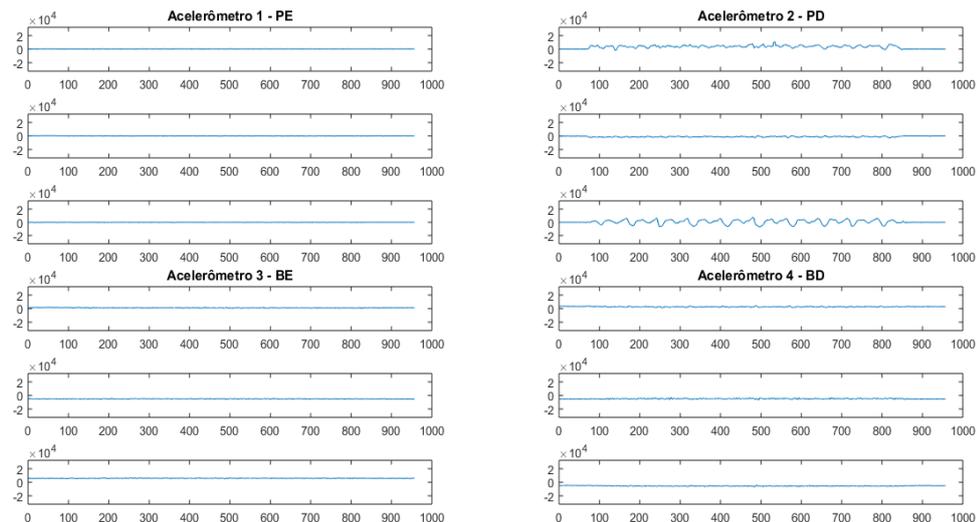
A figura 16 é referente ao exercício de flexão e extensão dos MMII, que consiste na flexão e extensão de joelhos com o indivíduo na posição sentada. Analisando a figura 17, pode-se observar uma maior variação no eixo Z e do eixo X no membro inferior direito, quando realizado de flexão e extensão da perna na posição sentada. Durante a realização do movimento, houve uma pequena variação no eixo Y devido a alteração de alinhamento na realização do exercício. Os demais acelerômetros estão com os eixos sem nenhuma resposta.

Figura 16 - Realização do exercício de flexão e extensão do membro inferior direito em 10 repetições e coletado por meio de quatro acelerômetros. Início do movimento (A) e término do movimento (B)



Fonte: o autor, 2019.

Figura 17 - Exercício de flexão e extensão do membro inferior direito em 10 repetições e coletado por meio de quatro acelerômetros



MSE – Membro superior esquerdo, MSD – Membro superior direito, MIE – Membro inferior esquerdo, MID – Membro inferior direito

Fonte: o autor, 2019.

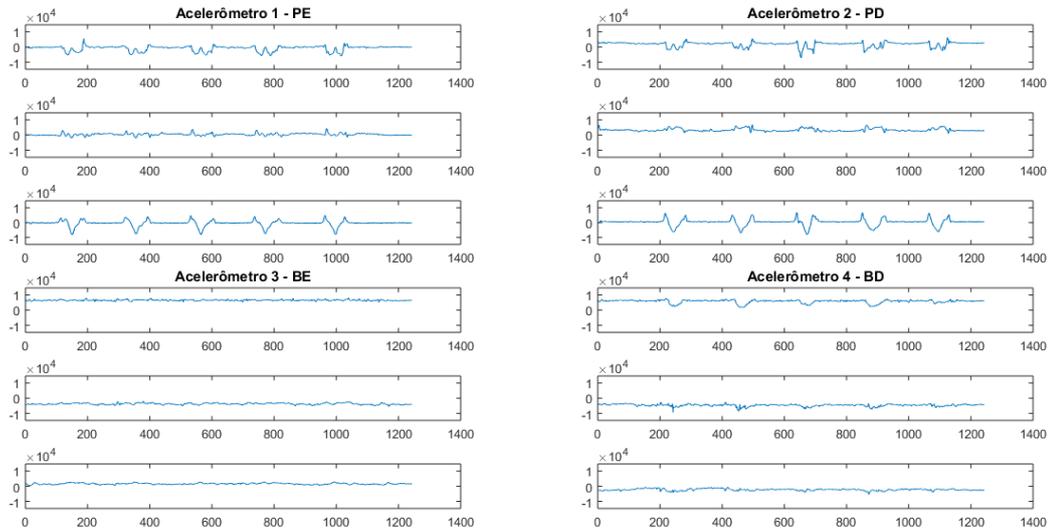
A figura 18 é referente a realização do exercício de marcha estática, que consiste na tríplex flexão de MIE, seguida da tríplex flexão de MID com o indivíduo na posição ortostática. Na figura 19, observou-se uma maior variação no eixo X e Z devido à flexão de quadril, do joelho e do tornozelo. Uma leve variação do eixo Y nos membros inferiores dá-se por conta do alinhamento. Ao realizar o movimento, pode-se observar uma leve alteração dos eixos X, Y e Z nos membros superiores, provavelmente devido a alteração no equilíbrio do corpo durante o exercício.

Figura 18 - Exercício de marcha estática em 5 repetições de cada lado e coletado por meio de quatro acelerômetros. Início do movimento (A) e término do movimento (B)



Fonte: o autor, 2019.

Figura 19 - Exercício de marcha estática em 5 repetições de cada lado e coletado por meio de quatro acelerômetros

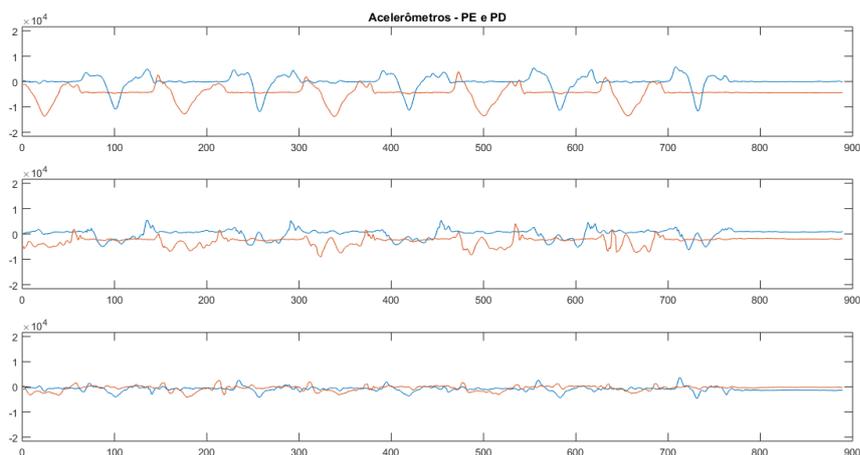


MSE – Membro superior esquerdo, MSD – Membro inferior direito, MIE – Membro inferior esquerdo, MID – Membro inferior direito

Fonte: o autor, 2019.

Na figura 20, pode-se observar a sobreposição dos gráficos, que mostram a comparação dos membros inferiores, durante, o exercício de flexão e extensão das pernas, onde pode-se notar variação nos eixos Z, X, Y, respectivamente. O traçado vermelho é referente à perna esquerda e o traçado azul referente à perna direita.

Figura 20 - Exercício de marcha estática com eixos sobrepostos.



MIE – Membro inferior esquerdo, MID – Membro inferior direito
 Fonte: o autor, 2019.

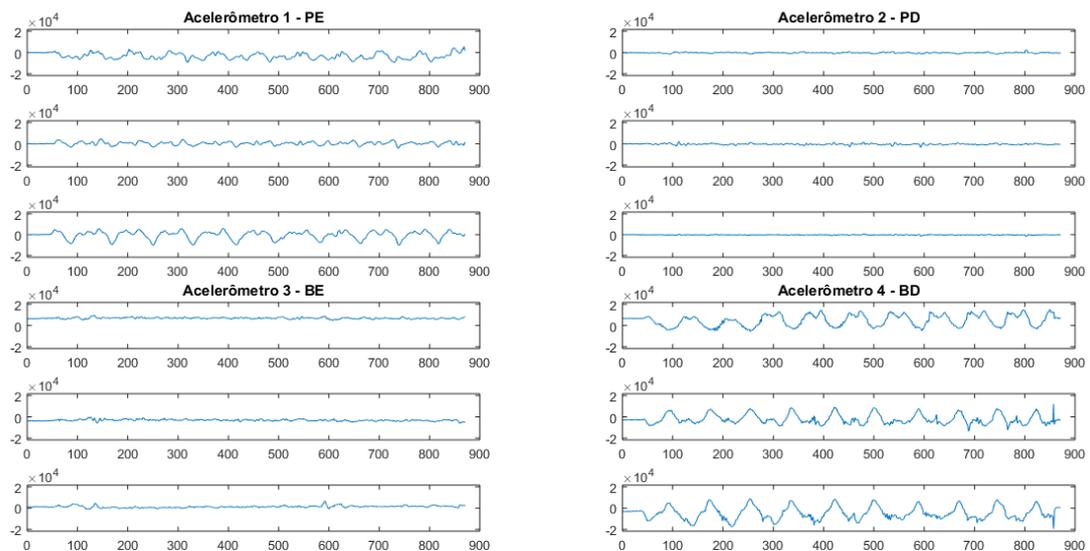
Na figura 21 é possível observar a realização do exercício de diagonais com a perna esquerda e o braço direito na posição ortostática. Este movimento consiste inicialmente na hiperextensão do quadril combinada com a flexão da articulação glenoumeral. Posteriormente, é feita a flexão de quadril, joelho e tornozelo simultaneamente com o retorno do membro superior direito para a posição inicial. Houve uma maior variação nos eixos X e Z devido à natureza do movimento e uma variação leve no eixo Y do membro inferior esquerdo devido ao alinhamento (Figura 22). Já no membro superior direito, houve uma variação significativa nos três eixos devido ao membro superior direito ser flexionado na diagonal.

Figura 21 - Realização do exercício de diagonais em 10 repetições e coletado por meio de quatro acelerômetros. Início do movimento (A) e término do movimento (B).



Fonte: o autor, 2019.

Figura 22 - Exercício de diagonais em 10 repetições e coletado por meio de quatro acelerômetros



MSE – Membro superior esquerdo, MSD – Membro superior direito, MIE – Membro inferior esquerdo, MID – Membro inferior direito

Fonte: o autor, 2019.

O último exercício desta coleta consiste na combinação de dois exercícios vistos anteriormente neste capítulo: flexão/extensão de perna e supino (Figura 23). Observando o gráfico da figura 24, pode-se notar uma maior variação nos eixos X e Z e uma discreta variação do eixo Y, durante a realização do movimento de flexão e extensão do membro inferior direito devido ao alinhamento. Houve variação significativa no eixo X dos braços pelo fato do movimento ser majoritariamente de flexão/extensão. Uma pequena variação dos

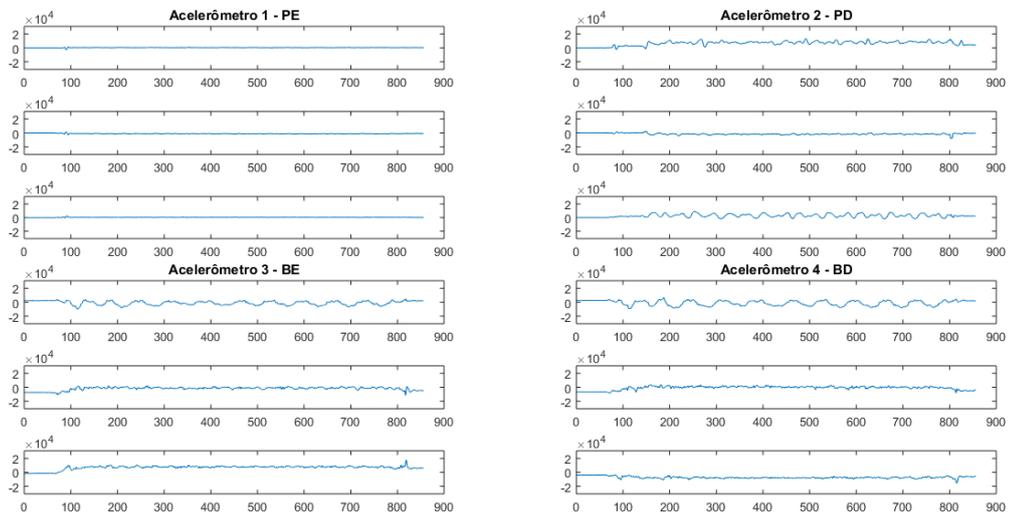
eixos Y dá-se devido a uma pequena abdução dos braços no movimento, e dos eixos Z por conta usuário não manter os braços na mesma altura durante o exercício.

Figura 23 - Realização do exercício de flexão e extensão de perna combinado com o supino em 10 repetições e coletado por meio de quatro acelerômetros. Início do movimento (A) e término do movimento (B).



Fonte: o autor, 2019.

Figura 24 - Exercício de flexão e extensão de perna combinado com o supino em 10 repetições e coletado por meio de quatro acelerômetros.



MSE – Membro superior esquerdo, MSD – Membro superior direito, MIE – Membro inferior esquerdo, MID – Membro inferior direito

Fonte: o autor, 2019.

A Tabela 3 resume todos movimentos dos acelerômetros apenas com os eixos em que houve as maiores variações. Nota-se que o padrão de variação é diferente para todos os exercícios contemplados, mostrando que é possível diferenciar o tipo de exercício apenas através do sinal de acelerometria.

Tabela 3 – Tabela com as maiores variações nos padrões dos acelerômetros dos exercícios do protocolo

Exercício	MSD			MSE			MID			MIE		
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
Supino	■			■								
Elevação alternada de MMSS	■		■	■		■						
Flexão e Extensão de MID							■		■			
Marcha estática							■		■	■		■
Diagonais	■	■	■							■		■
Flexão e Extensão de MID + supino	■			■			■		■			

Fonte: o autor, 2019.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante a coleta de dados do estudo, foi utilizado um questionário para fazer a caracterização das amostras. Pode-se observar na tabela 4, que 100% dos voluntários que participaram do estudo são do sexo feminino, onde 60% das voluntárias apresentam idade entre 60 e 69 anos e 40% apresentam idade entre 70 e 79 anos.

Tabela 4 – Tabela com a quantidade de informações da amostra em relação ao gênero e idade.

Características	Amostra	%
Gênero		
Masculino	0	0
Feminino	5	100
Idade		
60 – 69 Anos	3	60
70 – 79 Anos	2	40
80 – 90 Anos	0	0

Fonte: o autor, 2020.

Em relação a ocupação das voluntárias que participaram do estudo, a grande parte delas são donas de casa, representando 60% das amostras e 20% das voluntárias é aposentada e professora (Tabela 5).

Tabela 5 – Tabela com informações da amostra em relação a ocupação dos voluntários submetidos ao estudo.

Características	Amostra	%
Ocupação		
Dona de casa	3	60
Professor	1	20
Aposentado	1	20
Advogado	0	0
Cabelereiro	0	0

Fonte: o autor, 2020.

Das voluntárias que apresentam antecedentes pessoais e fatores de risco que poderiam influenciar nos resultados do estudo, pode-se observar na tabela 6, que 60% delas apresentam Hipertensão Arterial Sistêmica controlada, 20% apresenta quadro de obesidade, 20% apresentou trombose venosa profunda no passado, 40% das voluntárias tiveram gestação e aborto e 80% delas apresentam menopausa.

Em relação aos fatores de risco apresentados, houve uma predominância de 60% das voluntárias que são sedentárias, seguido de tabagismo, dieta rica em gordura e histórico familiar correspondendo a 20% cada (Tabela 6).

Tabela 6 – Tabela com informações da amostra com relação aos antecedentes pessoais e fatores de risco.

Características	Amostra	%
Antecedentes pessoais		
HAS	3	60
DM	0	0
Obesidade	1	20
AVE	0	0
DPOC/Asma	0	0
TVP	1	20
Marcapasso	0	0
Aborto	2	40
Gestação	2	40
Menopausa	4	80
Fatores de risco		
Fumo	1	20
Sedentarismo	3	60
Dislipidemia	0	0
Álcool	0	0
Stress	0	0
Dieta rica em gordura	1	20
Histórico familiar	1	20

Fonte: o autor, 2020.

Para saber se as voluntárias são interessadas no cuidado com a saúde e qualidade de vida, foi perguntado no questionário se as mesmas fazem uso de medicação, praticavam atividade física, são acompanhadas por profissional de saúde e se realizam reavaliações de saúde periódica. Foi visto que grande parte das voluntárias que corresponde a 80% fazem o uso de medicação, 60% delas não praticam atividade física e todas as voluntárias, totalizando 100% são acompanhadas por um profissional de saúde e fazem reavaliações periódicas (Tabela 7).

Tabela 7 – Tabela com informações da amostra com relação ao uso de medicação, prática de exercício, acompanhamento profissional e reavaliações periódicas de saúde.

Características	Amostra	%
Faz uso de medicação		
Sim	4	80
Não	1	20
Pratica atividade física		
Sim	2	40
Não	3	60
Acompanhamento profissional		
Sim	5	100
Não	0	0
Faz reavaliações periódicas		
Sim	5	100
Não	0	0

Fonte: o autor, 2020.

Após a aplicação do questionário para a caracterização das amostras, foram realizados exercícios com a finalidade de monitorar a execução de movimentos de 5 idosas que foram submetidas a um protocolo fisioterapêutico, sendo esses movimentos captados através da utilização de quatro acelerômetros fixados da seguinte forma: BE (Braço Esquerdo), BD (Braço Direito), PE (Perna Esquerda) e PD (Perna Direita). Os gráficos registram a variação dos três eixos do acelerômetro X, Y e Z. Foi realizado um protocolo com 10 exercícios, sendo 4 exercícios de membros superiores, 4 exercícios de membros inferiores e 2 exercícios

combinados. Foi solicitado aos voluntários que realizassem uma média de 10 repetições por exercícios de membros superiores e inferiores e uma média de 5 repetições por exercícios combinados, podendo variar para mais ou para menos. Os exercícios foram dispostos da seguinte forma:

Membros Superiores (MMSS)

- a) Elevação de MMSS
- b) Abdução horizontal de MMSS
- c) Elevação alternada de MMSS
- d) Supino

Membros Inferiores (MMII)

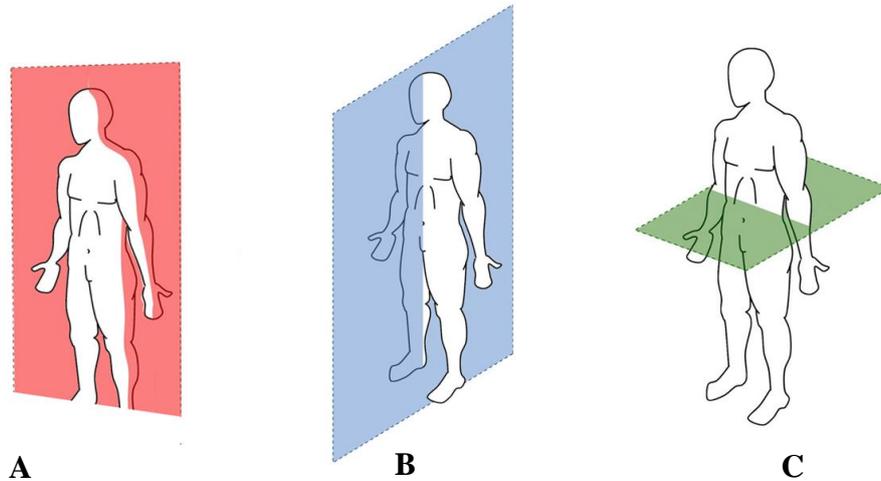
- a) Flexão e extensão de MMII sentado
- b) Marcha estática
- c) Abdução de MMII em pé
- d) Flexão e extensão MMII de pé

Combinados

- a) Diagonais
- b) Flexão e extensão de MMII com supino

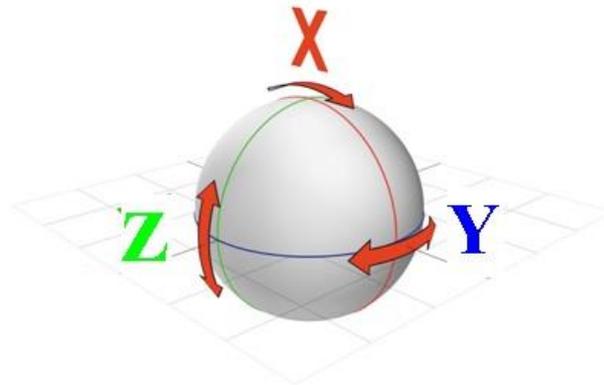
Os acelerômetros foram fixados nos punhos e maléolos mediais de cada voluntário, sendo os eixos dispostos de acordo com os planos seccionais figura 25 e 26. Com isso, o eixo que corta perpendicularmente o plano frontal, que divide o corpo anterior e posterior é o eixo X (A), assim como no plano sagital, que divide o corpo em metade direito e metade esquerdo é o eixo Y (B) e o plano transversal, que divide o corpo em metade superior e metade inferior é o eixo Z (C).

Figura 25 – Planos seccionais do corpo humano.



Fonte: Odontoup, 2020.

Figura 26 - Variação dos eixos em 3D



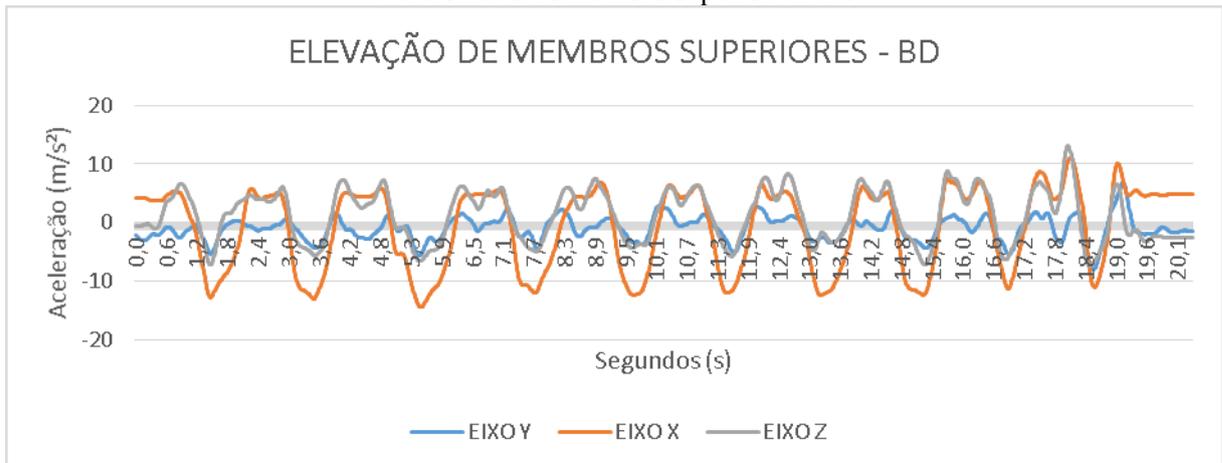
Fonte: Autodesk, 2017

No estudo, foram analisadas as variações dos eixos, durante a realização de cada exercício proposto. Para a demonstração dos resultados individuais, foram escolhidos voluntários de forma aleatória e analisados os gráficos para a definição do exercício realizado pelo voluntário, a quantidade de repetições, qualidade do movimento e posicionamento do voluntário, durante a execução do movimento.

Voluntária MGF, 67 anos de idade, professora, toma medicação para Hipertensão Arterial Sistêmica (HAS) e tireoide, apresenta como antecedentes pessoais HAS, menopausa, aborto e gestação, tem o fumo como fator de risco, pratica atividade física, faz acompanhamento com profissional de saúde e realiza reavaliações de saúde periodicamente.

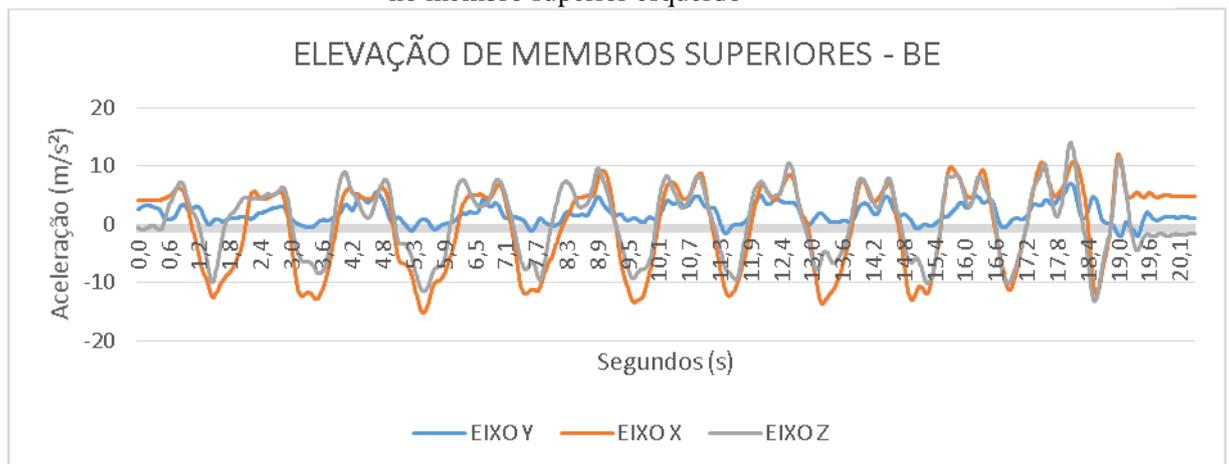
Podemos observar na figura 27 e 28, que houve variação nos três eixos X, Y e Z, durante o exercício de membros superiores (MMSS), mas apresentou uma maior variação nos eixos X e Z devido ao movimento de elevação dos braços. A variação deveria ser maior no eixo Z, mas pode-se interpretar que a voluntária fez uma rotação externa dos braços e abre os braços, durante a realização do movimento, fazendo com que ocorra alteração nos eixos X e Y.

Figura 27 – Elevação de membros superiores em 10 repetições e coletado por meio de um acelerômetro no membro superior direito



BD – Braço direito.
Fonte: o autor, 2020.

Figura 28 - Elevação de membros superiores em 10 repetições e coletado por meio de um acelerômetro no membro superior esquerdo

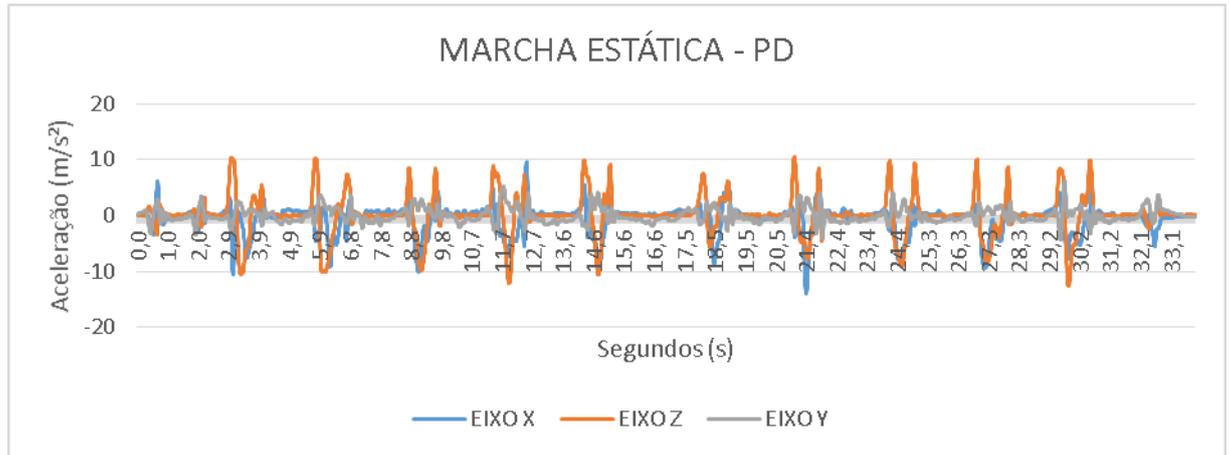


BE – Braço esquerdo.
Fonte: o autor, 2020.

Observa-se na figura 29 e 30, que houve variação no eixo X, Y e Z, durante a realização do exercício com os membros inferiores (MMII). Na execução da marcha estática, houve uma grande variação do eixo X e Z, onde Z teve uma maior variação em relação aos demais eixos,

devido a realização da flexão do quadril e joelho. Observa-se também, que houve uma menor variação do eixo Y, podendo ser pelo fato da perna do voluntário sair do alinhamento, quando é feito o movimento ou a variação pode ser causada pelo desequilíbrio.

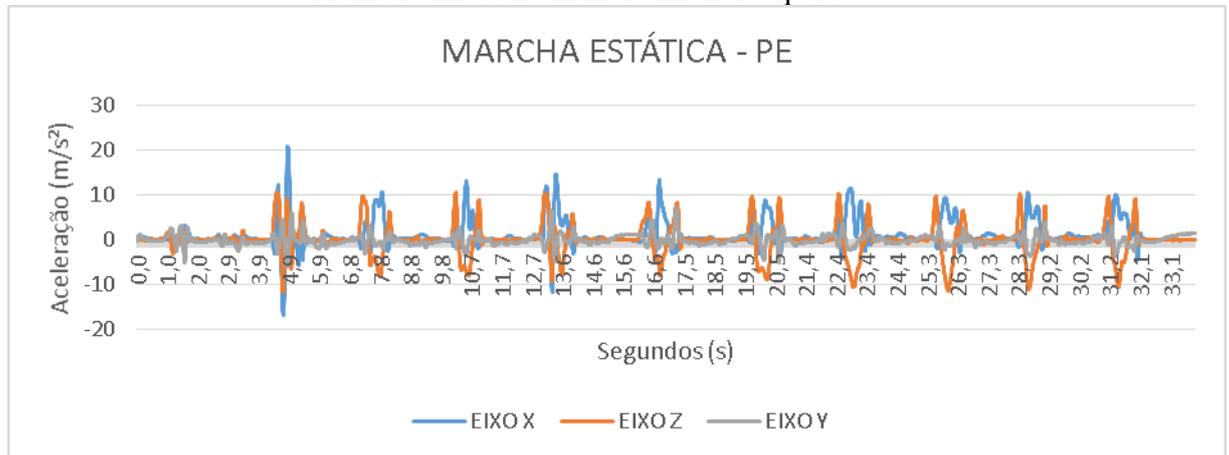
Figura 29 - Exercício de marcha estática em 10 repetições de cada lado e coletado por meio de um acelerômetro fixado no membro inferior direito.



PD – Perna Direita.

Fonte: o autor, 2020.

Figura 30 - Exercício de marcha estática em 10 repetições de cada lado e coletado por meio de um acelerômetro fixado no membro inferior esquerda.

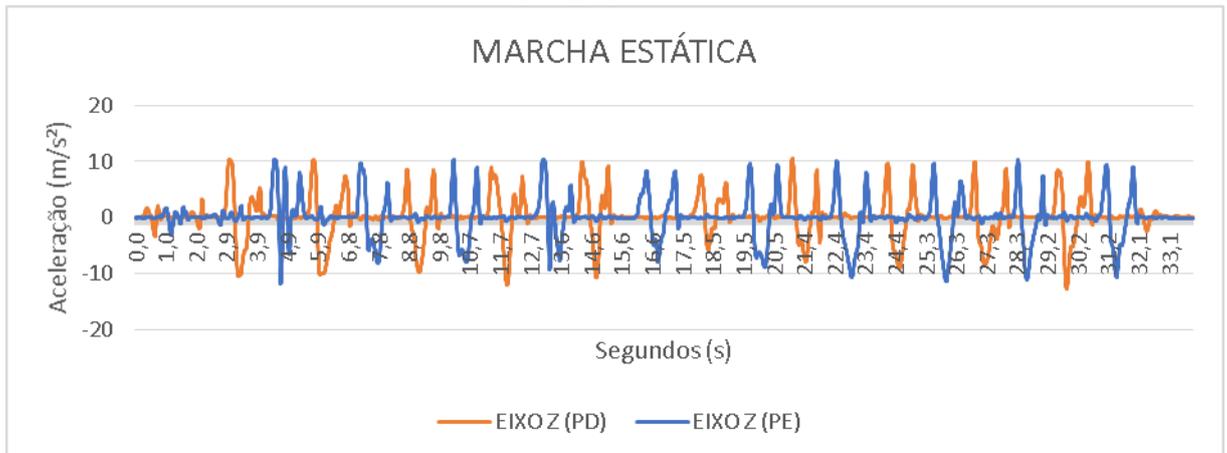


PE – Perna Esquerda.

Fonte: o autor, 2020.

Na figura 31, é feito o registro do movimento com o eixo Z, que foi o eixo de maior variação, durante a execução do movimento, podendo-se observar que, enquanto uma perna está em contato com o solo, a outra está fazendo o movimento.

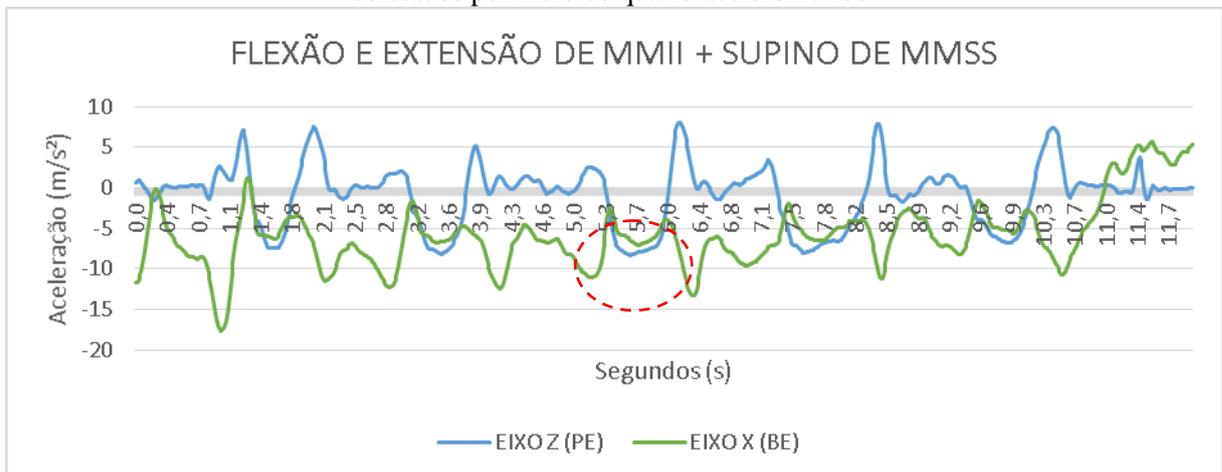
Figura 31 - Exercício de marcha estática em 10 repetições de cada lado e coletado por meio de dois acelerômetros.



PE – Perna Esquerda, PD – Perna Direita
Fonte: o autor, 2020.

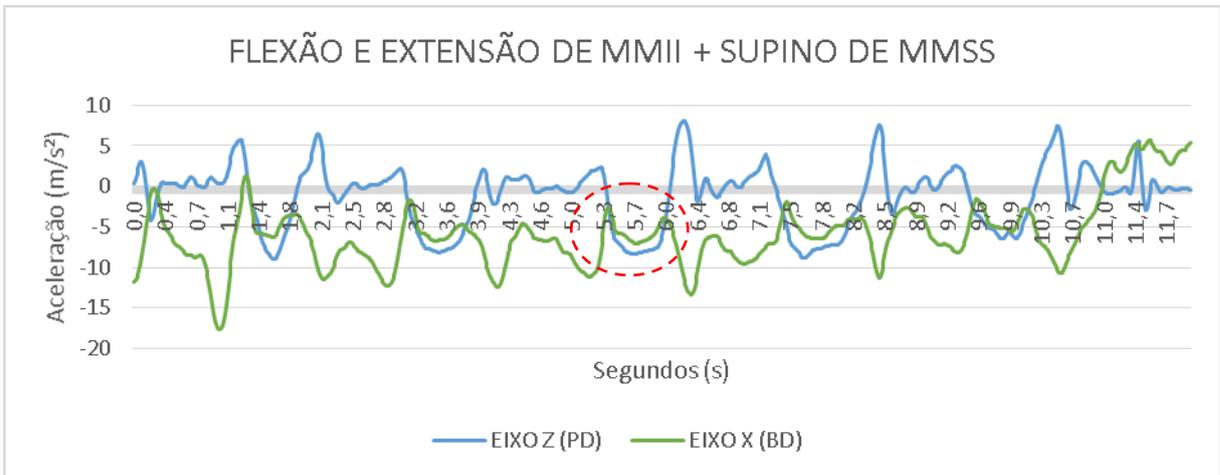
Pode-se observar na figura 32 e 33, que no exercício combinado de flexão e extensão de membros inferiores combinado com supino de MMII, tem uma variação maior do eixo X dos MMSS e no eixo Z dos MMII. Nota-se que existe uma sincronia entre a extensão do pé e a extensão do braço, mostrado no círculo vermelho que está na figura.

Figura 32 - Exercício de flexão e extensão de MMII + supino de MMSS em 5 repetições coletados por meio de quatro acelerômetros.



BE – Braço esquerdo, PE – Perna Esquerda.
Fonte: o autor, 2020.

Figura 33 - Exercício de flexão e extensão de MMII + supino de MMSS em 5 repetições coletados por meio de quatro acelerômetros.

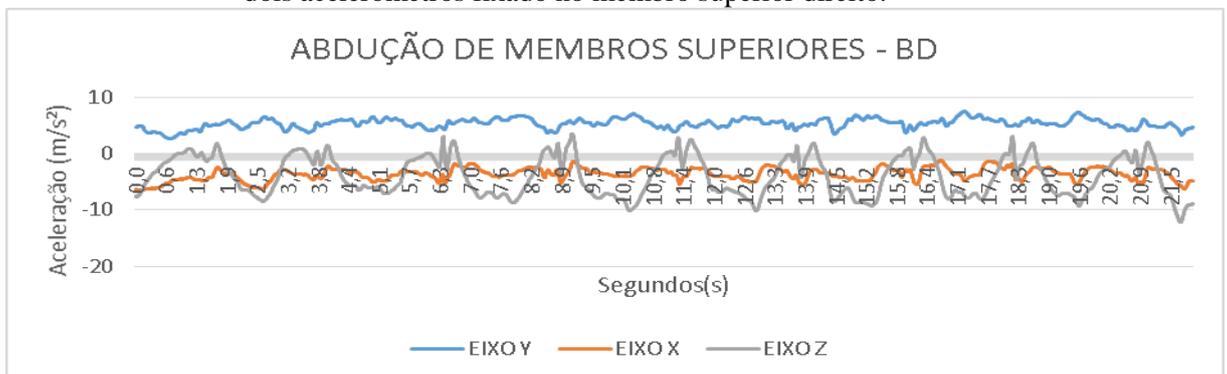


BD – Braço direito, PD – Perna Direita.

Fonte: o autor, 2020.

Voluntária AMMS, 64 anos de idade, dona de casa, faz uso de medicação para HAS, obesa, apresenta como fatores de risco sedentarismo e uma dieta rica em gordura, não pratica atividade física, faz acompanhamento com profissional de saúde e reavaliações periodicamente. Na figura 34 e 35, onde mostra o exercício de MMSS, observa-se que houve variação nos eixos X, Y e Z, sendo Z o eixo que houve uma maior variação. No exercício de abdução horizontal dos braços, o eixo Y deveria apresentar variação maior caso o braço estivesse na posição pronada, como a voluntária faz uma rotação externa do braço, ocorre uma mudança do posicionamento do acelerômetro e consequentemente, a alteração dos eixos, fazendo com que ocorra a variação do eixo Z.

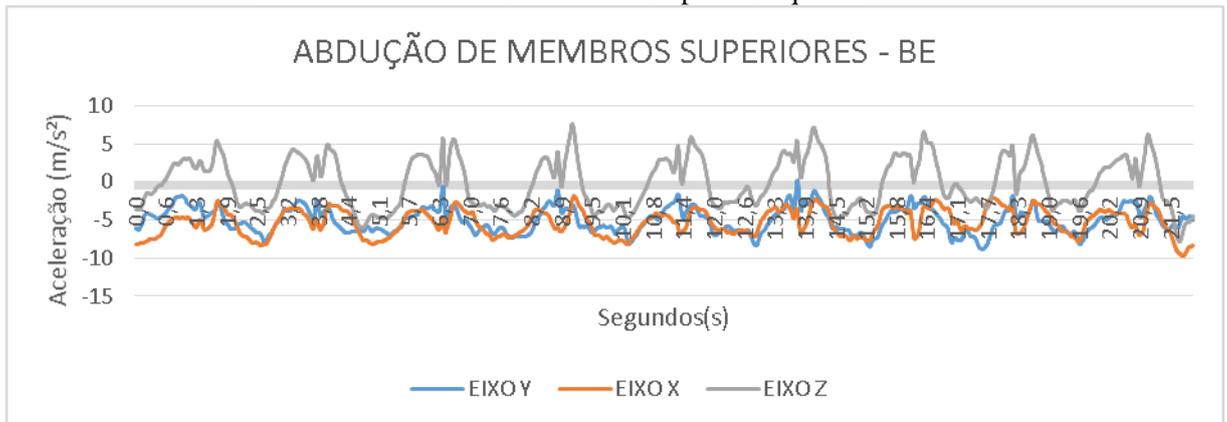
Figura 34 - Exercício de abdução horizontal de MMSS em 10 repetições coletados por meio de dois acelerômetros fixado no membro superior direito.



BE – Braço direito.

Fonte: o autor, 2020.

Figura 35 - Exercício de abdução horizontal de MMSS em 10 repetições coletados por meio de dois acelerômetros fixado no membro superior esquerdo.

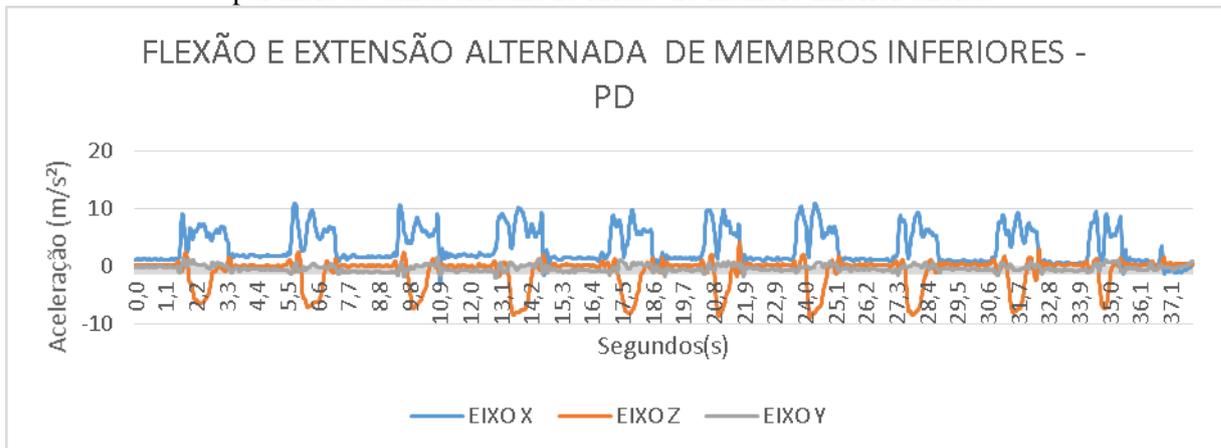


BE – Braço esquerdo.

Fonte: o autor, 2020.

Observa-se que na figura 36 e 37 foi registrada a variação dos três eixos, sendo os eixos X e Z os que obtiveram uma maior variação, durante o movimento. Pode-se observar que o eixo Y apresentou uma leve variação na execução do movimento, isso pode ocorrer devido ao desalinhamento da perna, ou seja, pode ocorrer uma oscilação da perna para a parte lateral ou medial, quando ocorre o movimento.

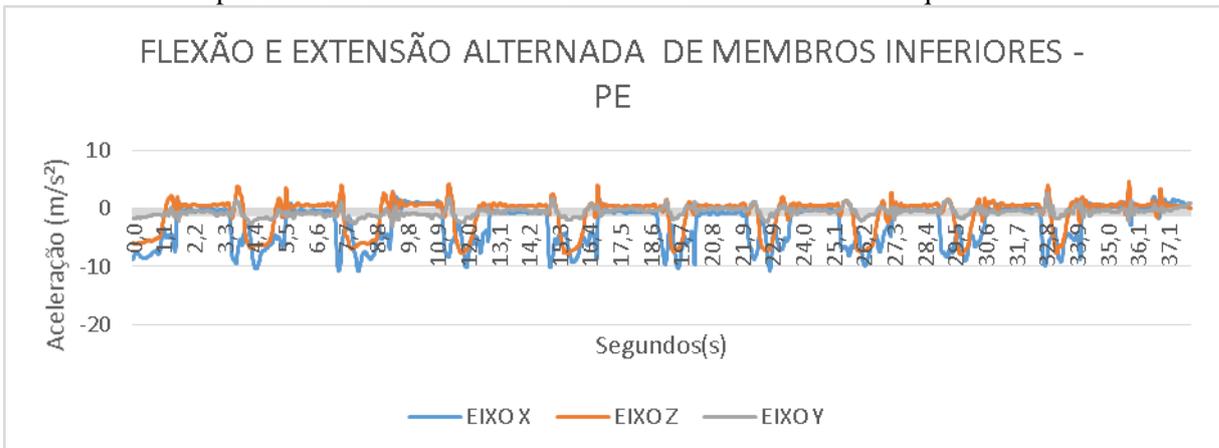
Figura 36 - Exercício de flexão e extensão alternada de membros inferiores em 10 repetições coletados por meio de um acelerômetro fixado no membro inferior direito.



PD – Perna Direita

Fonte: o autor, 2020.

Figura 37 - Exercício de flexão e extensão alternada de membros inferiores em 10 repetições coletados por meio de um acelerômetro fixado no membro inferior esquerdo.

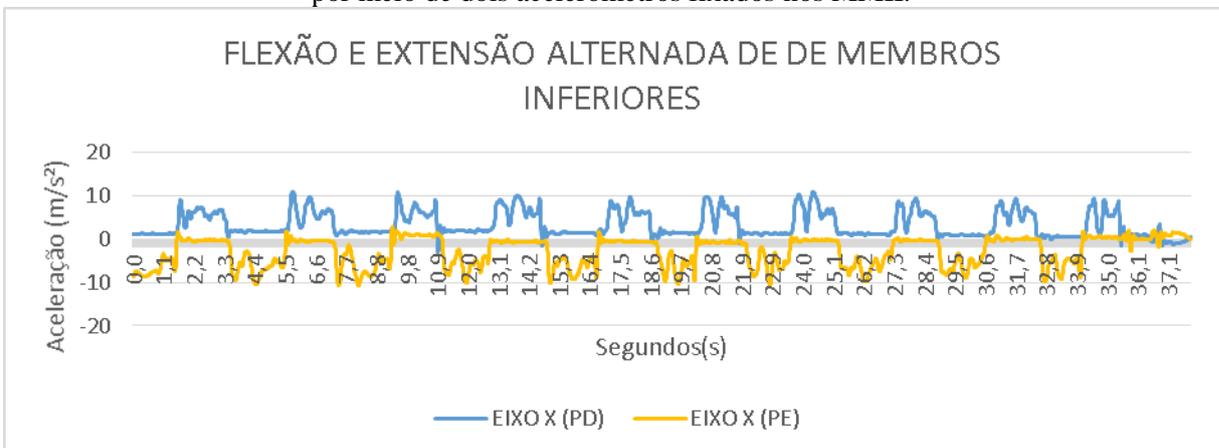


PE – Perna Esquerda.

Fonte: o autor, 2020.

Na figura 38, pode-se observar com clareza o movimento alternado dos MMII, através da variação do eixo X. Quando uma perna está realizando o movimento a outra está parada, em contato com o solo.

Figura 38 - Exercício de flexão e extensão alternada de membros inferiores em 10 repetições coletados por meio de dois acelerômetros fixados nos MMII.

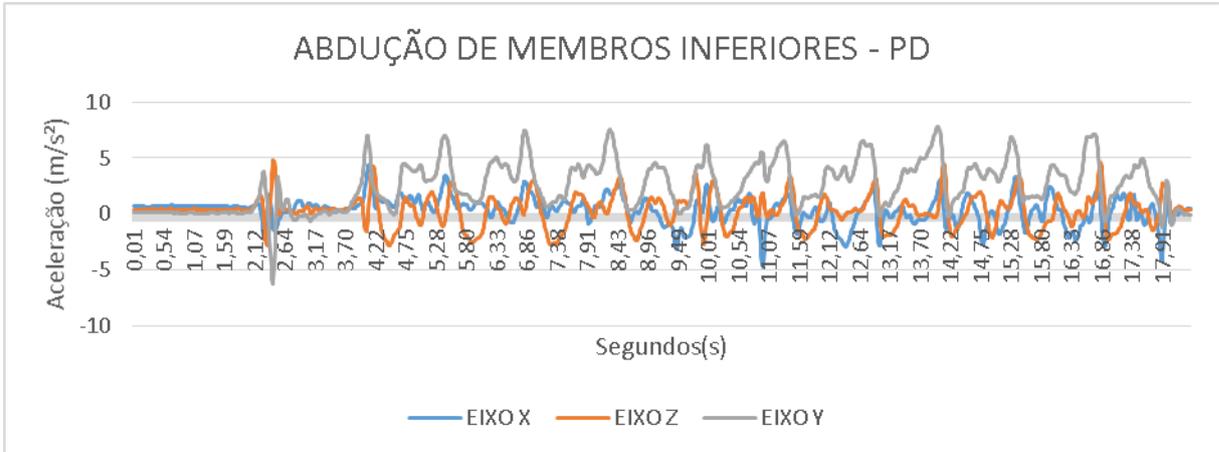


PE – Perna Esquerda, PD – Perna Direita

Fonte: o autor, 2020.

Na figura 39, quando observa-se o exercício de abdução de membros inferiores, pode-se notar que na perna direita ocorre a variação nos eixos X, Y e Z, mas a variação é maior em Y e Z. Já na perna esquerda, nota-se que a maior variação acontece nos eixos X e Y. Essa diferença na variação dos eixos de uma perna para outra pode acontecer devido a voluntária apresentar uma maior facilidade de executar os movimentos com o seu lado dominante que é o lado direito, gerando as repetições com mais amplitude.

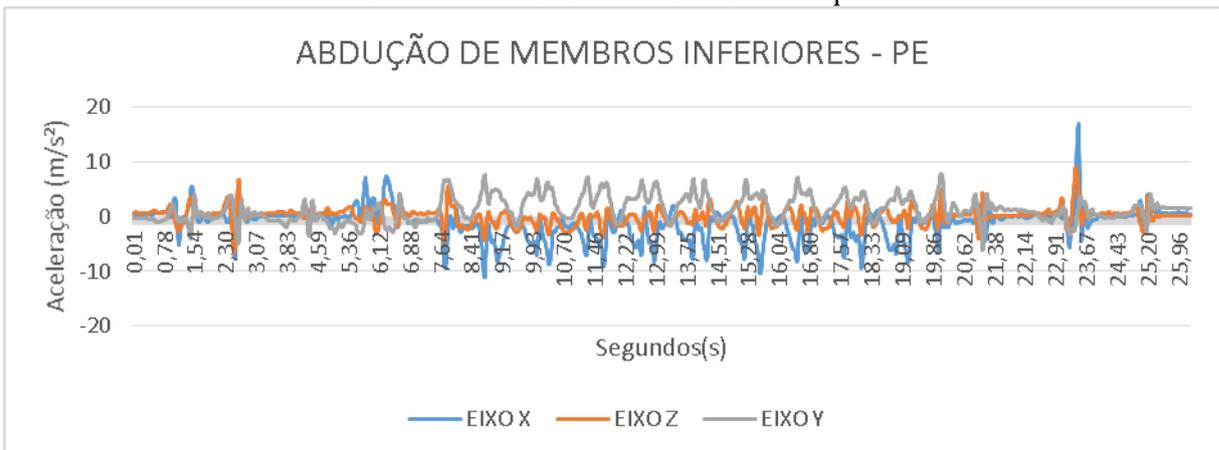
Figura 39 - Exercício de abdução de membros inferiores em 10 repetições coletados por meio de um acelerômetro fixado no membro inferior direito.



PD – Perna direita.

Fonte: o autor, 2020.

Figura 40 - Exercício de abdução de membros inferiores em 10 repetições coletados por meio de um acelerômetro fixados no membro inferior esquerdo.

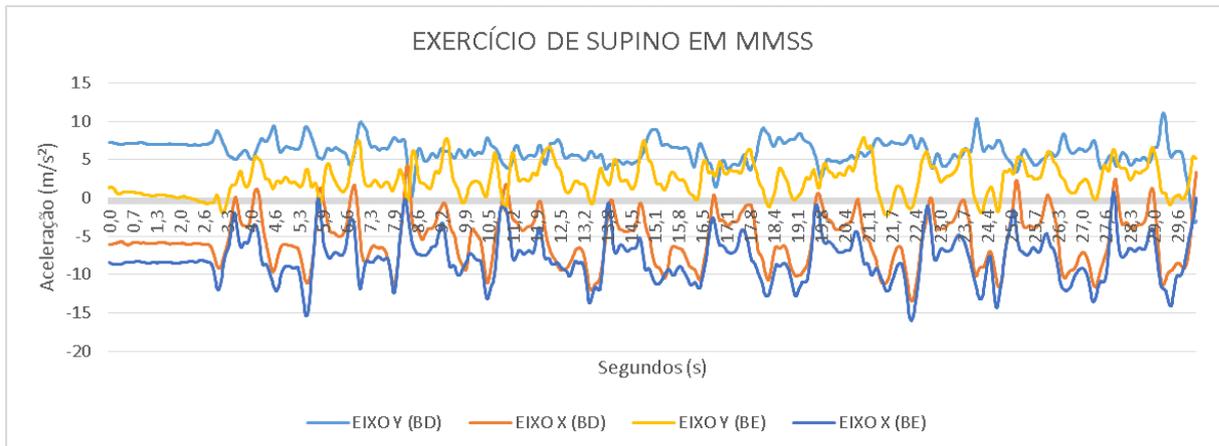


PE – Perna esquerda.

Fonte: o autor, 2020.

Voluntária MPS, 62 anos de idade, dona de casa, faz uso de medicação para HAS tem menopausa como antecedentes pessoais, destaca o histórico familiar como fator de risco, pratica atividade física, faz reavaliações periódicas e é acompanhada por um profissional. Na figura 41, observa-se que, durante a realização do movimento, ocorre uma variação nos eixos X, Y e Z, sendo que no exercício de supino, ocorre uma maior variação no eixo X de ambos os braços. Ocorre uma variação menor no eixo Y, possivelmente pelo fato do braço sair do alinhamento no momento da execução. A variação do eixo Z pode ser devido a uma pequena elevação dos braços na hora de realizar o movimento.

Figura 41 - Exercício de supino em membros superiores em 10 repetições coletados por meio de dois acelerômetros fixados nos MMSS.

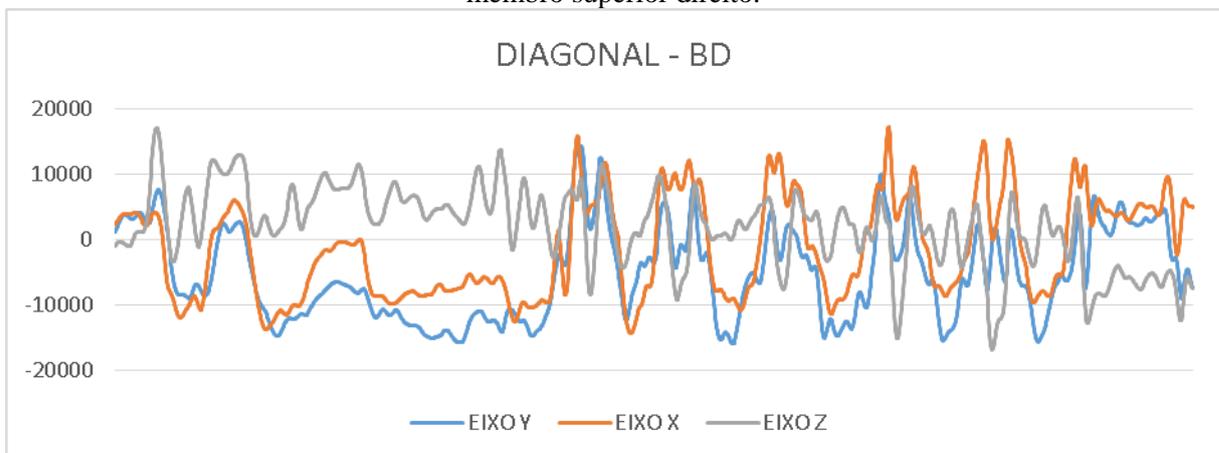


BE – Braço Esquerdo, PD – Braço Direito

Fonte: o autor, 2020.

Nas figuras 42 e 43, pode-se perceber, durante a realização do exercício de diagonais, que houve variação nos três eixos, X, Y e Z. Durante a realização do exercício o braço direito apresentou uma maior variação nos eixos X e Y. Já na perna esquerda, os eixos que apresentaram maior variação foram Z e Y. Nota-se que, no exercício combinado de diagonais, a voluntária realizou mais repetições com a perna do que com o braço. Isso pode acontecer devido à falta da coordenação motora, interferindo na qualidade da execução do movimento. Com isso, o fisioterapeuta vai focar na dificuldade apresentada pela voluntária na hora de traçar sua conduta.

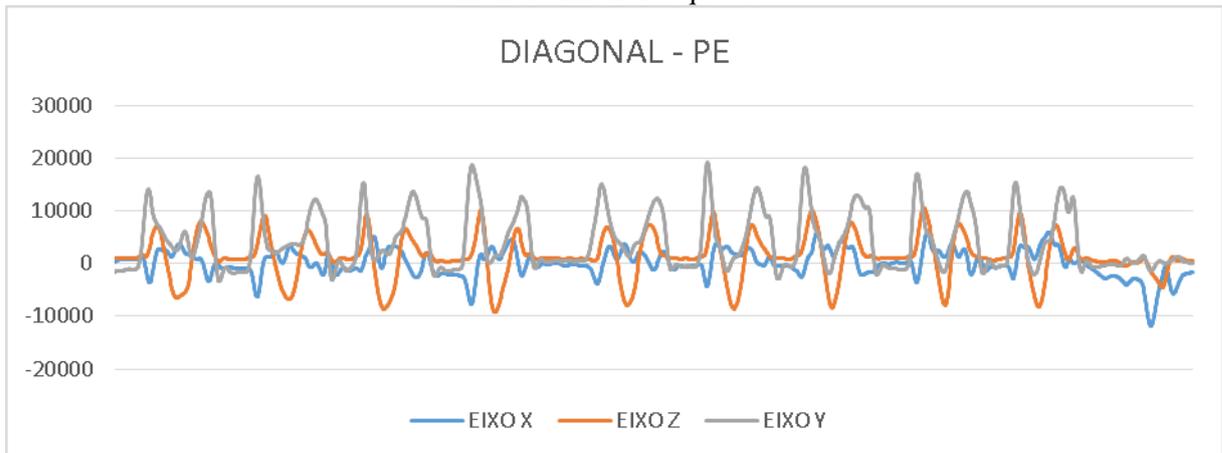
Figura 42 - Exercício de diagonal em 5 repetições coletados por meio de um acelerômetro fixado no membro superior direito.



BD – Braço direito.

Fonte: o autor, 2020.

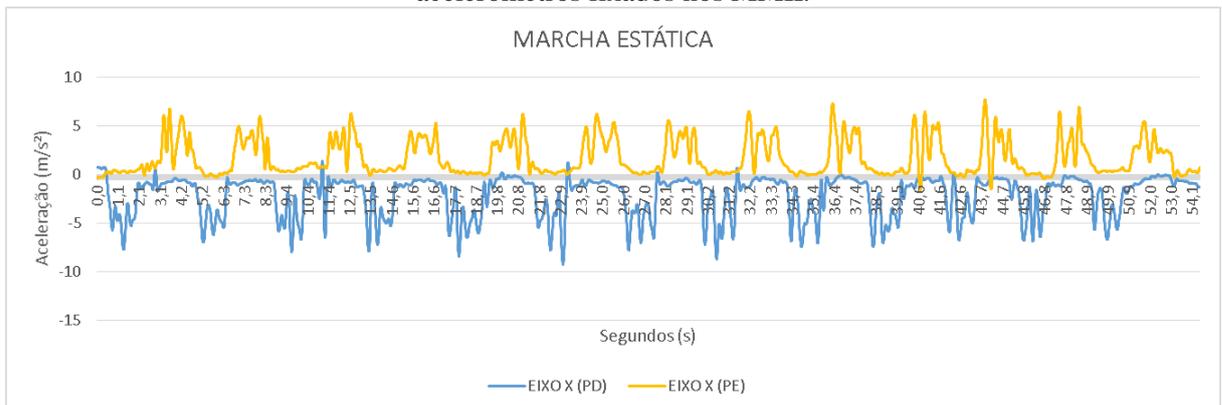
Figura 43 - Exercício de diagonal em 5 repetições coletados por meio de um acelerômetro fixado no membro inferior esquerdo.



PE – Perna esquerda.
Fonte: o autor, 2020.

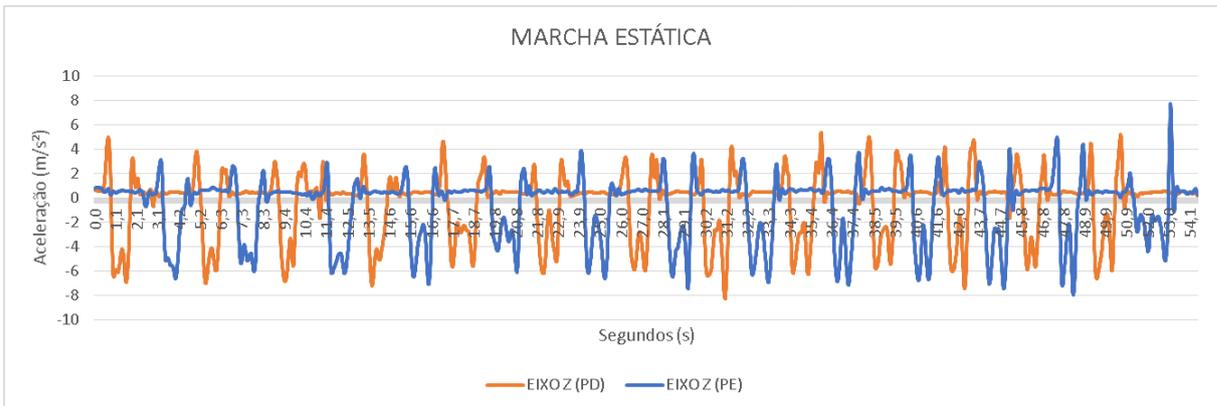
Nas figuras 44 e 45, ao observar o gráfico do exercício de marcha estática, nota-se que ao executar o movimento, ocorre a variação dos três eixos, mas os eixos de maior variação são X e Z. Essa variação maior em X e Z ocorre devido a flexão do quadril e joelho na hora do movimento. Pode-se dizer que na marcha estática, a amplitude de Z é superior a de X por conta de flexão do quadril.

Figura 44 – Exercício de marcha estática em 10 repetições de cada lado e coletado por meio de dois acelerômetros fixados nos MMII.



PD – Perna direita PE – Perna esquerda.
Fonte: o autor, 2020..

Figura 45 - Exercício de marcha estática em 10 repetições de cada lado e coletado por meio de dois acelerômetros fixados nos MMII.

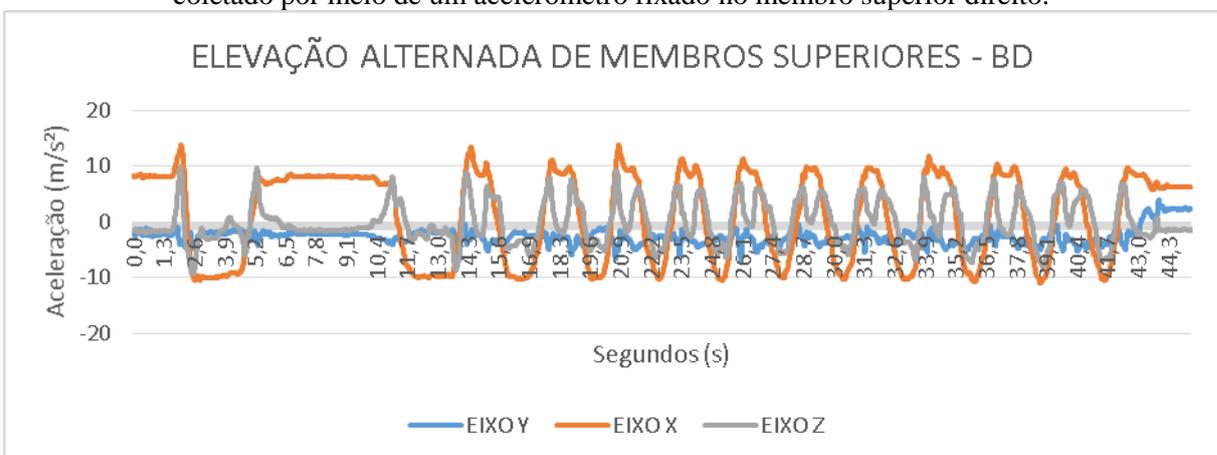


PD – Perna direita PE – Perna esquerda.

Fonte: o autor, 2020.

Voluntária RCL, 74 anos de idade, dona de casa, faz uso de medicamento para HAS, tem como antecedentes pessoais HAS e menopausa. A voluntária apresenta como fator de risco o sedentarismo, não pratica nenhum tipo de atividade física, é acompanhada por um profissional de saúde e faz suas reavaliações de saúde periodicamente. Nas figuras 46 e 47, pode-se observar no exercício de elevação alternada de membros superiores, uma grande variação nos eixos X e Z. No braço direito, ocorre uma leve variação em Y devido ao braço sair um pouco do alinhamento durante a execução do movimento. Já no braço esquerdo, a variação de do eixo Y é maior devido a voluntária fazer uma abertura do braço durante a execução do movimento.

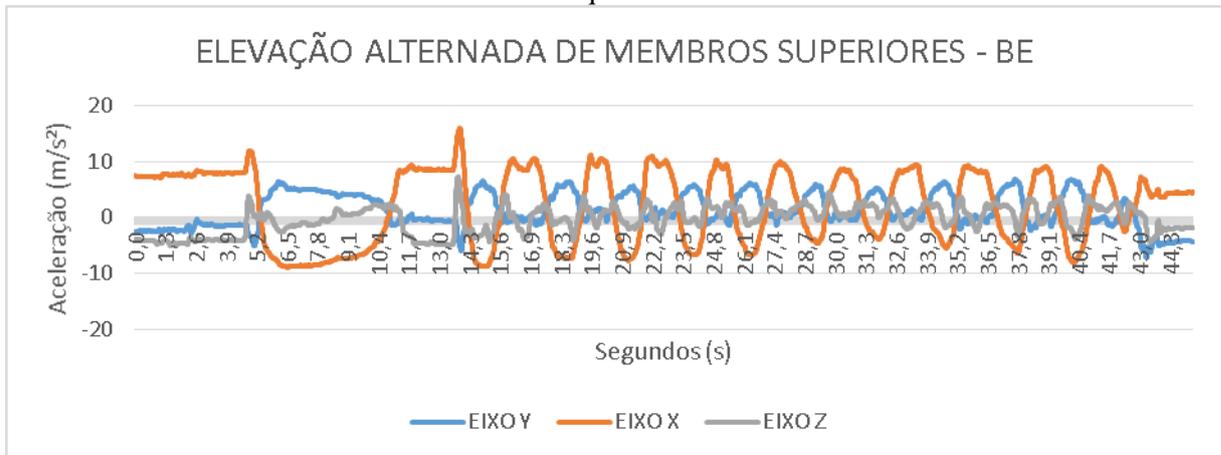
Figura 46 – Exercício de elevação alternada de membros superiores em 10 repetições de cada lado e coletado por meio de um acelerômetro fixado no membro superior direito.



BD – Braço direito.

Fonte: o autor, 2020.

Figura 47 – Exercício de elevação alternada de membros superiores em 10 repetições de cada lado e coletado por meio de um acelerômetro fixado no braço esquerdo.

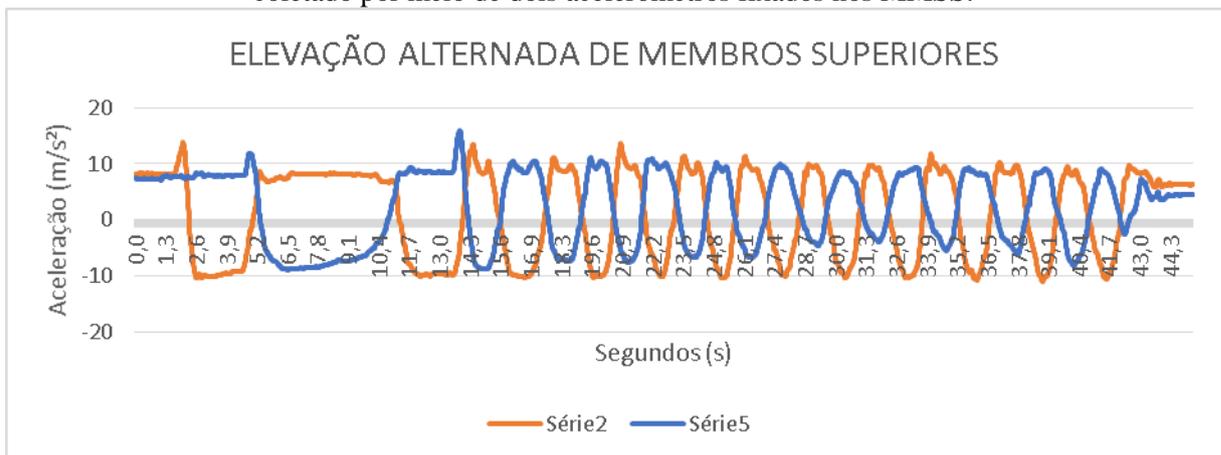


BE – Braço esquerdo.

Fonte: o autor, 2020.

Durante a realização do exercício de elevação alternada de membros superiores, um braço deveria estar elevado e o outro abaixado, mas, nota-se na figura que os eixos X de cada braço se cruzam na metade da execução do movimento (Figura 48). Isso ocorre devido a rapidez que a voluntária realizou a atividade que foi proposta para que ela fizesse.

Figura 48 - Exercício de elevação alternada de membros superiores em 10 repetições de cada lado e coletado por meio de dois acelerômetros fixados nos MMSS.



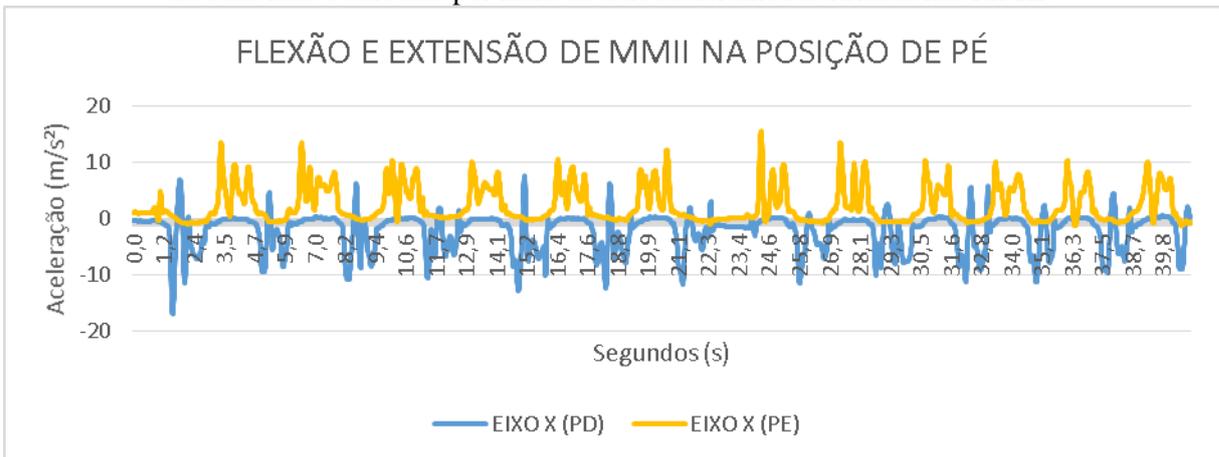
BD – Braço direito. BE – Braço esquerdo.

Fonte: o autor, 2020.

Nas figuras 49 e 50, nota-se que no exercício de flexão e extensão de membros inferiores na posição de pé, ocorre uma grande variação nos eixos X e Z. A variação no eixo Z ocorre devido a flexão da articulação do joelho, levando a perna para cima, e ao realizar a flexão dos joelhos na hora do exercício, a voluntária também executa uma flexão do quadril,

levando a articulação do tornozelo para frente e assim, ocorrendo a variação no eixo Z. Durante a realização do exercício houve uma leve variação do eixo Y, a perna sair do alinhamento na hora da execução do movimento.

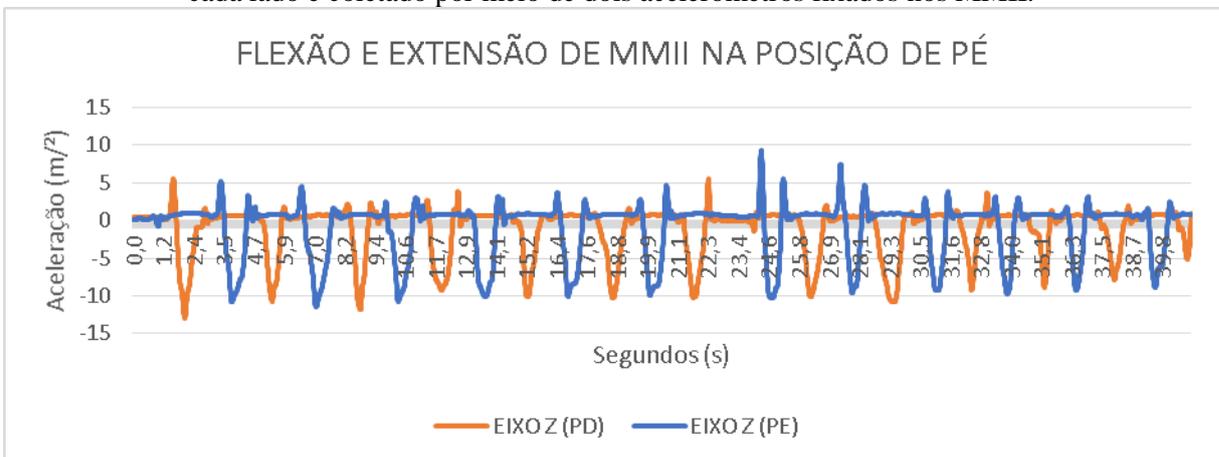
Figura 49 – Exercício de flexão e extensão de membros inferiores na posição de pé em 10 repetições de cada lado e coletado por meio de dois acelerômetros fixados nos MMII.



PD – Perna direita. PE – Perna esquerda.

Fonte: o autor, 2020.

Figura 50 - Exercício de flexão e extensão de membros inferiores na posição de pé em 10 repetições de cada lado e coletado por meio de dois acelerômetros fixados nos MMII.



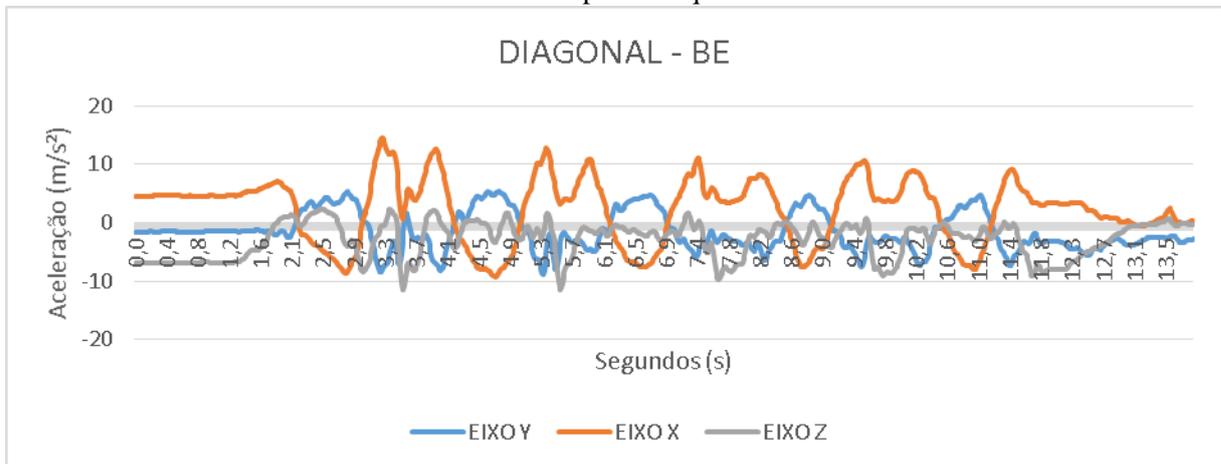
PD – Perna direita. PE – Perna esquerda.

Fonte: o autor, 2020.

Nas figuras 51 e 52, pode-se perceber durante a realização do exercício de diagonais, que houve variação nos três eixos, X, Y e Z. Durante a realização do exercício, o braço esquerdo apresentou uma maior variação nos eixos X e Y devido ao movimento de elevação e a abertura do braço, realizada na hora do movimento. Já na perna direita, os eixos que apresentaram maior variação foram Y e Z. A variação do eixo Y ocorre devido a abdução da

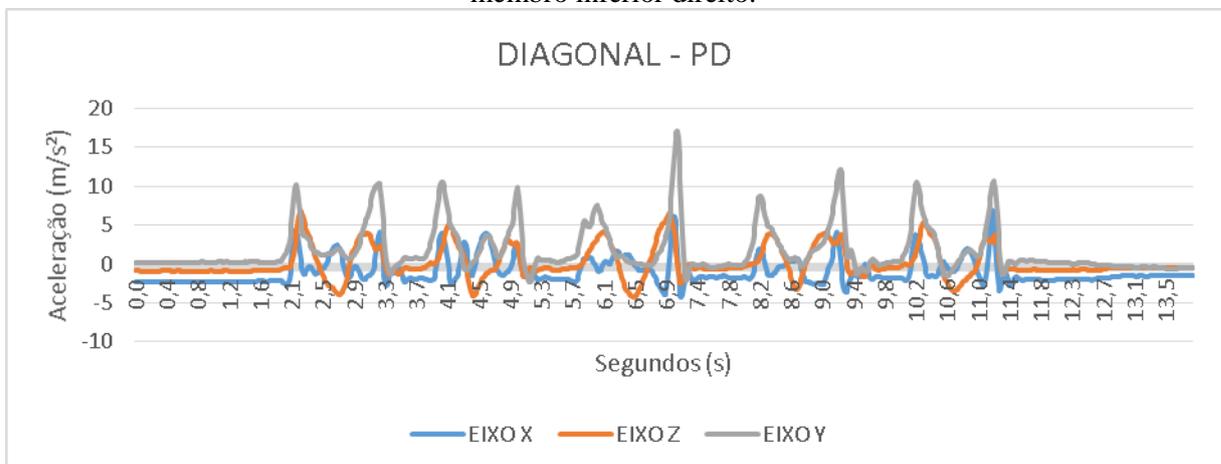
perna, e a variação do eixo Z ocorre devido a flexão do quadril, que acontece na hora que a voluntária realiza a movimento de abdução da perna.

Figura 51 - Exercício de diagonal em 5 repetições coletados por meio de um acelerômetro fixado no membro superior esquerdo.



BE – Braço esquerdo.
Fonte: o autor, 2020.

Figura 52 - Exercício de diagonal em 5 repetições coletados por meio de um acelerômetro fixado no membro inferior direito.

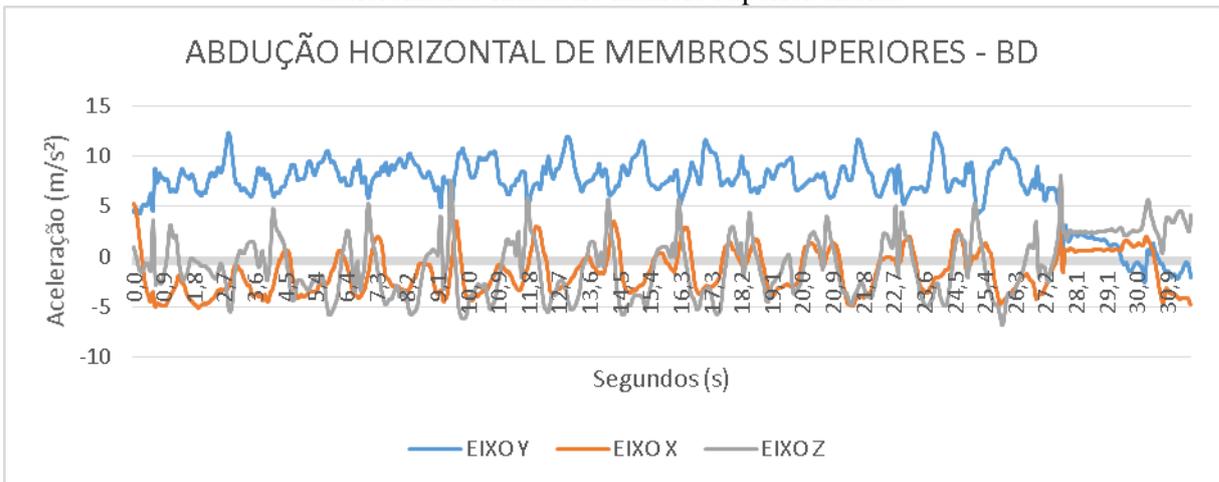


PD – Perna direita.
Fonte: o autor, 2020.

Voluntária MEC, 74 anos de idade, aposentada, não faz uso de medicação, apresenta trombose venosa profunda há muitos anos, menopausa, aborto e gestação como antecedentes pessoais, como fatores de risco apresenta sedentarismo, é acompanhada por um profissional de saúde e faz reavaliações periódicas. Nas figuras 53 e 54, pode-se observar que no exercício de abdução horizontal de membros superiores, ocorre variação nos três eixos (X, Y e Z), mas os eixos que apresentam uma variação maior são os eixos X e Z. No movimento de abdução, o eixo que deveria variar mais deveria ser o eixo Y, mas como a voluntária realiza uma

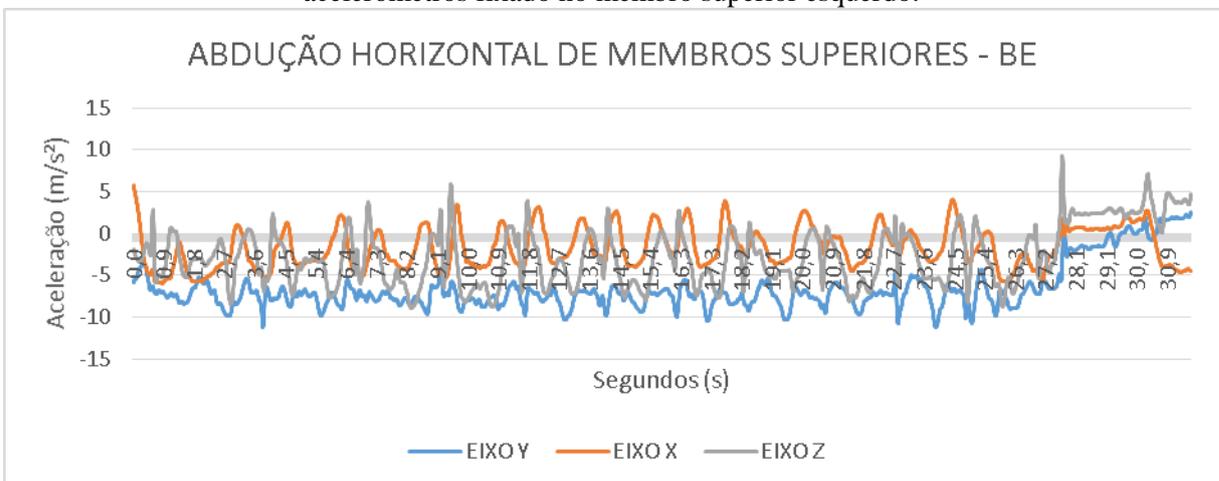
rotação externa do braço, a variação passar a ser do eixo Z. Já a variação no eixo X, ocorre por conta da flexão e extensão do cotovelo que acontece no momento de abrir e fechar os braços.

Figura 53 - Exercício de abdução horizontal de MMSS em 10 repetições coletados por meio de dois acelerômetros fixado no membro superior direito.



BD – Braço direito.
Fonte: o autor, 2020.

Figura 54 - Exercício de abdução horizontal de MMSS em 10 repetições coletados por meio de dois acelerômetros fixado no membro superior esquerdo.

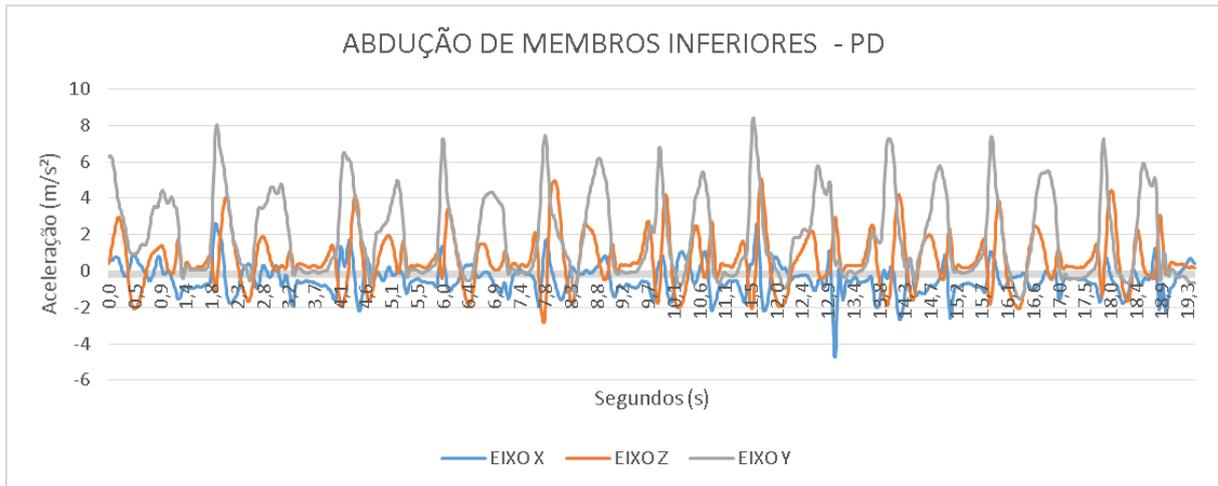


BD – Braço esquerdo.
Fonte: o autor, 2020.

Nas figuras 55 e 56, pode-se observar que, durante a realização do exercício de abdução de membros inferiores, ocorre a variação dos três eixos (X, Y e Z), sendo Y e Z os eixos que sofrem maior variação. O eixo Y sofre variação por conta do movimento de abdução da perna. O eixo Z sofre variação por conta da flexão do quadril, que é realizada durante o movimento, levando a perna um pouco para frente. O eixo X sofre uma leve

variação devido a uma pequena flexão do joelho, que é feita durante o movimento, fazendo com que o tornozelo vá para frente e para trás. Nota-se que, na perna direita, as repetições apresentam uma maior amplitude, isso pode acontecer pelo fato do lado dominante da voluntária ser o direito e a mesma apresentar um maior grau de força na perna direita.

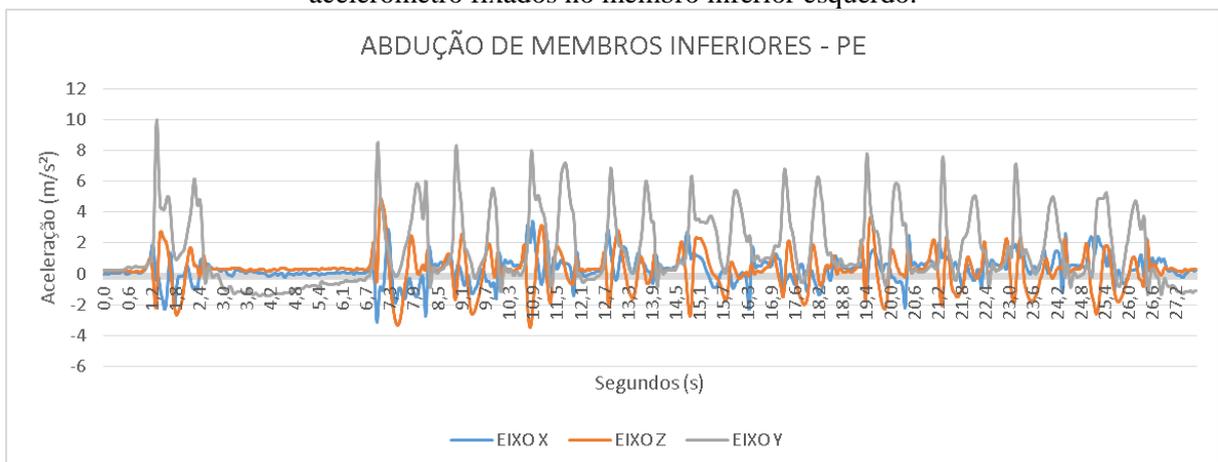
Figura 55 - Exercício de abdução de membros inferiores em 10 repetições coletados por meio de um acelerômetro fixados no membro inferior direito.



PD – Perna direita.

Fonte: o autor, 2020.

Figura 56 - Exercício de abdução de membros inferiores em 10 repetições coletados por meio de um acelerômetro fixados no membro inferior esquerdo.

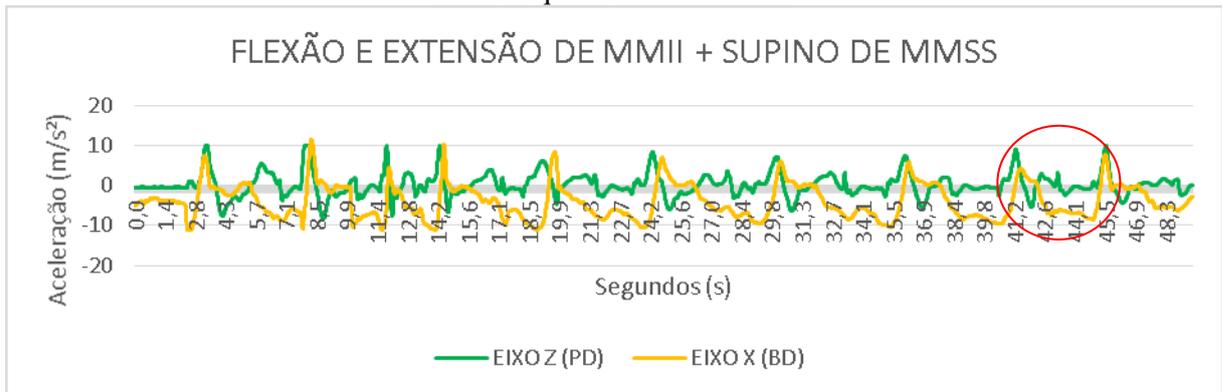


PE – Perna esquerda.

Fonte: o autor, 2020.

Pode-se observar nas figuras 57 e 58 que, no exercício combinado de flexão e extensão de membros inferiores combinado com supino de MMII, tem uma variação maior do eixo X dos MMSS e no eixo Z dos MMII. Nota-se que existe uma sincronia entre a extensão do pé e a extensão do braço, mostrado no círculo vermelho que está na figura.

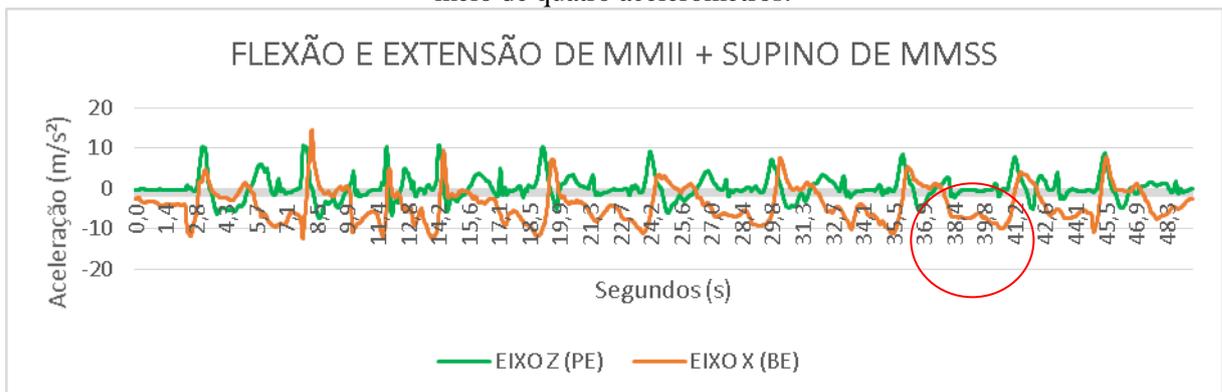
Figura 57 – Exercício de flexão e extensão de MMII + supino de MMSS em 5 repetições coletados por meio de quatro acelerômetros.



PD – Perna direita. BD – Braço direito.

Fonte: o autor, 2020.

Figura 58 - Exercício de flexão e extensão de MMII + supino de MMSS em 5 repetições coletados por meio de quatro acelerômetros.

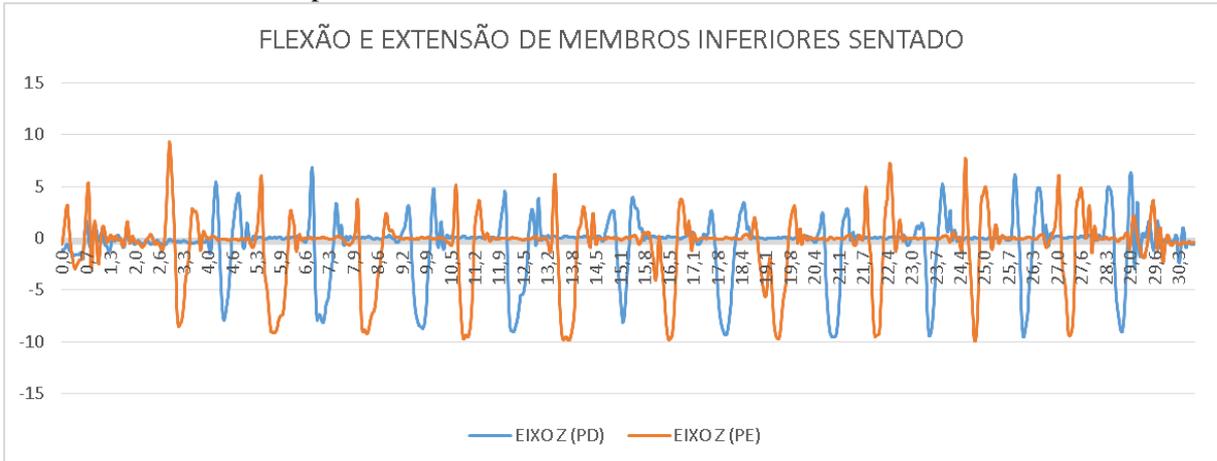


PE – Perna esquerda. BE – Braço esquerdo.

Fonte: o autor, 2020.

Nas figuras 59, 60, 61 e 62, durante a identificação dos padrões de movimento e das variações dos eixos X, Y e Z, observou-se nos exercícios de flexão e extensão de membros inferiores sentado e o exercício de flexão e extensão de membros inferiores em pé, que os dois apresentam praticamente o mesmo padrão de movimento e as mesmas variações dos eixos (X e Z). O que diferencia esses dois exercícios é o tempo de execução, durante a realização da flexão e extensão em pé, a voluntária demora 1,6 segundos a mais entre as repetições do que na flexão e extensão de membros inferiores sentado que leva 0,94 segundos entre as repetições.

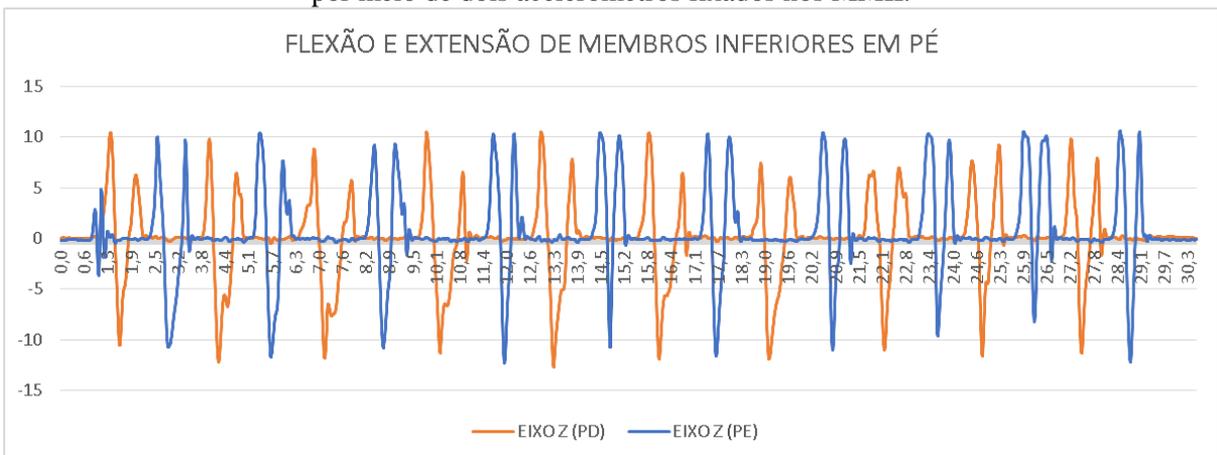
Figura 59 - Exercício de flexão e extensão de membros inferiores sentado em 10 repetições coletados por meio de dois acelerômetros fixados nos MMII.



PD – Perna direita. PE – Perna esquerda.

Fonte: o autor, 2020.

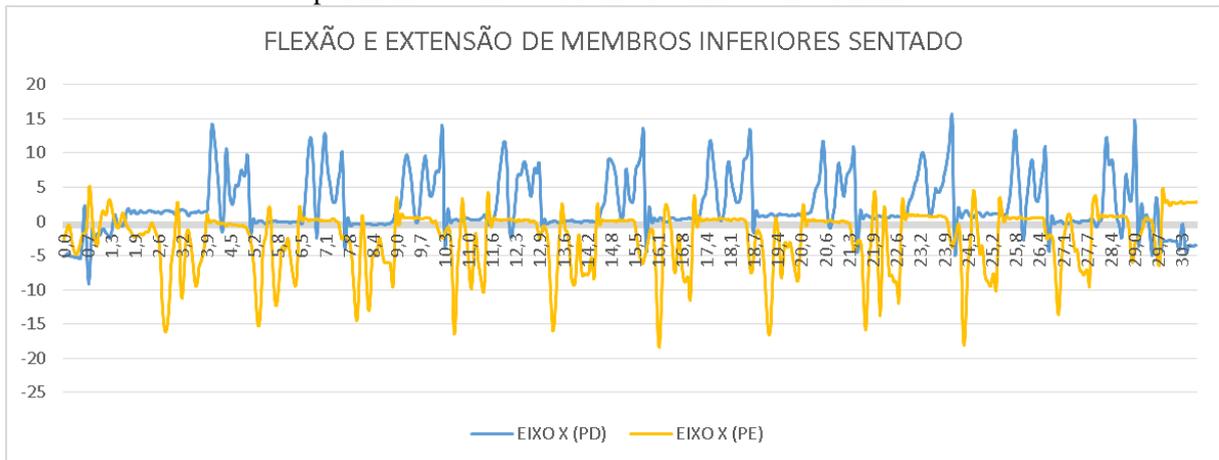
Figura 60 - Exercício de flexão e extensão de membros inferiores em pé em 10 repetições coletados por meio de dois acelerômetros fixados nos MMII.



PD – Perna direita. PE – Perna esquerda.

Fonte: o autor, 2020.

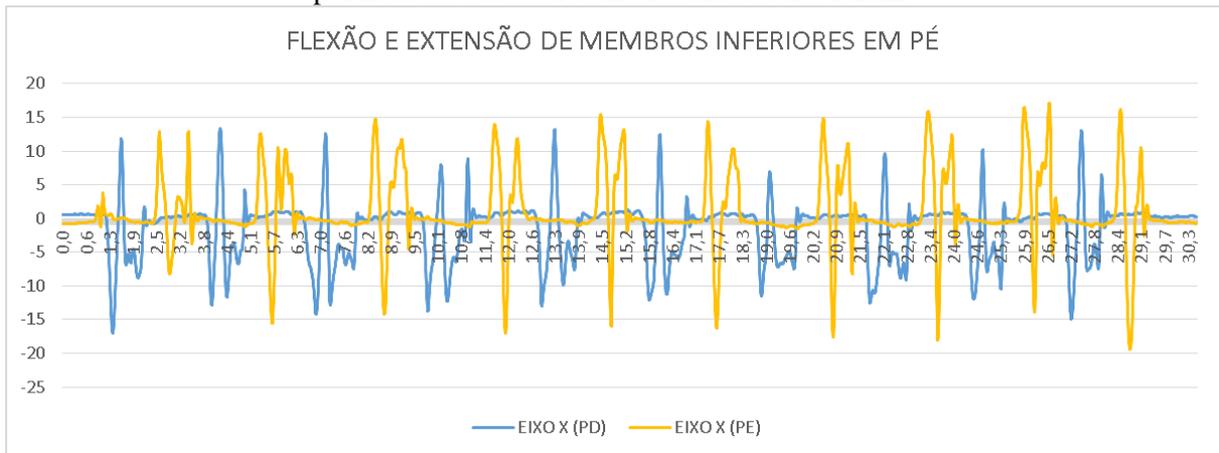
Figura 61 – Exercício de flexão e extensão de membros inferiores sentado em 10 repetições coletados por meio de dois acelerômetros fixados nos MMII.



PD – Perna direita. PE – Perna esquerda.

Fonte: o autor, 2020.

Figura 62 - Exercício de flexão e extensão de membros inferiores em pé em 10 repetições coletados por meio de dois acelerômetros fixados nos MMII.



PD – Perna direita. PE – Perna esquerda.

Fonte: o autor, 2020.

Na tabela 8, pode-se observar quais exercícios foram realizados por cada voluntária, a duração total da execução do exercício e quantas repetições por minutos a voluntária pode realizar. Observa-se na tabela, destacado em vermelho, a comparação da quantidade de repetições de algumas voluntárias. No exercícios de elevação de MMSS e no exercício de abdução de MMII, a voluntária 1 realiza mais repetições do que a voluntária 3. Já no exercício Flexão e extensão de MMII combinado com supino de MMSS, a voluntária 1 consegue realizar mais repetições do que a voluntária 5. As diferenças na quantidade de repetições quando é feita a comparação das voluntárias, pode ocorrer devido a diferença de idade entre as mesmas, pelo fato da voluntária 1 praticar atividade física e as demais voluntárias serem

sedentárias e também, pode ocorrer essa diferença devido ao grau de força muscular apresentado pelas voluntárias.

Tabela 8 – Informações da quantidade de repetições por minuto de cada voluntária.

Exercício	Voluntária 1 (Repetições por minuto)	Voluntária 2 (Repetições por minuto)	Voluntária 3 (Repetições por minuto)	Voluntária 4 (Repetições por minuto)	Voluntária 5 (Repetições por minuto)
Elevação de MMSS	32 rep/min	16 rep/min	13 rep/min	18 rep/min	21 rep/min
Abdução horizontal de MMSS	34 rep/min	24 rep/min	19 rep/min	14 rep/min	25 rep/min
Elevação alternada de MMSS	24 rep/min	15 rep/min	10 rep/min	19 rep/min	17 rep/min
Supino de MMSS	40 rep/min	28 rep/min	22 rep/min	24 rep/min	14 rep/min
Flexão e extensão de MMII sentado	23 rep/min	18 rep/min	11 rep/min	18 rep/min	11 rep/min
Marcha estática	21 rep/min	24 rep/min	15 rep/min	17 rep/min	14 rep/min
Abdução da perna	40 rep/min PD	39 rep/min PD	20 rep/min PD	25 rep/min PD	29 rep/min PD
	43 rep/min PE	46 rep/min PE	23 rep/min PE	28 rep/min PE	30 rep/min PE
Flexão e extensão de MMII em pé	22 rep/min	19 rep/min	13 rep/min	19 rep/min	16 rep/min
Diagonais	32 rep/min	24 rep/min	19 rep/min	35 rep/min	25 rep/min
Flexão e extensão de MMII + Supino de MMSS	34 rep/min	32 rep/min	22 rep/min	23 rep/min	13 rep/min

Fonte: o autor, 2020.

7 CONCLUSÃO

Os achados desta pesquisa mostram que as aquisições dos sinais de exercícios terapêuticos em idosos, podem ser registradas através do sinal de acelerometria. Mesmo apresentando uma pequena quantidade de sujeitos avaliados, pode-se observar que a análise dos dados coletados apresentou resultados satisfatórios para que fosse realizada a validação do equipamento.

Após a realização do protocolo de exercícios com os acelerômetros, observou-se que através da acelerometria é possível definir qual exercício foi realizado, a quantidade de repetições executadas e o tempo gasto para a realização dos exercícios, podendo também, ser feita uma projeção da quantidade de repetições por minuto. Com isso, verificou-se que a tecnologia através dos sensores de movimento é de grande ajuda no tratamento fisioterapêutico, atingindo resultados mais fidedignos diante do protocolo proposto para os pacientes, ajudando no desenvolvimento de protocolos de reabilitação e melhorando a qualidade de vida dos idosos.

Estes resultados são importantes para que sejam incentivados estudos futuros, respaldando a utilização de sensores de movimentos como os acelerômetros na aquisição de sinais de movimento durante o processo de reabilitação, e para que ocorra a confirmação de que a aquisição de sinais de movimentos através da acelerometria podem definir os movimentos e quantificá-los na execução de um protocolo de reabilitação.

REFERÊNCIAS

ACIOLE, G. G. **A Saúde no Brasil: cartografias do público e do privado**. São Paulo: Hucitec/Campinas: Sindimed, 2006.

ACTIVE-ROBOTS. Disponível em: <https://www.active-robots.com/sparkfun-6-degrees-of-freedom-breakout-lsm6ds3.html>. Acesso em: 18 fev. 2020.

AGASSON C. A.P. et al. Atribuições do fisioterapeuta no programa de saúde da família: reflexões a partir da prática profissional. **Revista Olho Mágico**, n. 13, v. 2, p. 1-8, 2006.

ALVEZ G.G.; AERTS D. Health education practices and Family Health Strategy. **Ciênc. Saúde Colet.**, 2011. n. 16, v. 1, p. 319-24. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/csc/v16n1/v16n1a34.pdf>. Acesso em: 18 fev. 2020.

ANASTASOPOULOU P. et al. Validation and comparison of two methods to assess human energy expenditure during free-living activities. **PLoS One**, n. 9, v. 2, 2014. E90606. Disponível em: DOI: <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0090606>. Acesso em: 18 fev. 2020.

ARRUDA A. D. et al. **A importância da inclusão da fisioterapia no programa saúde da família**. 2007. Disponível em: http://www.prac.ufpb.br/anais/Icbeu_anais/anais/saude/fisioterapia.pdf002. Acesso em: 18 fev. 2020.

AUTODESK. Disponível em: help.autodesk.com/view/3DSMAX/2017/PTB/?guid=GUID-D97C423B-1AD4-46EA-892B-3A807823892C. Acesso em: 18 fev. 2020.

AVEIRO, M. S. et al. Perspectivas da participação do fisioterapeuta no Programa Saúde da Família na atenção à saúde do idoso. **Ciência & Saúde Coletiva**, v.16, supl.1, p.1467-78, 2011.

BACHION M, M. et al. **BRASIL V,V** .2015.

BRAGA C.; LAUTERT L. Caracterização sociodemográfica dos idosos de uma comunidade de Porto Alegre. **Rev Gaúcha Enferm**, v. 25, n. 1, p. 44-55, 2004.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria nº 154**. Cria os Núcleos de Apoio à Saúde da Família – NASF. Brasília: Ministério da Saúde; 2008.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Política nacional de educação permanente em saúde**. Brasília: Ministério da Saúde, 2009. Disponível em: http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/politica_nacional_educacao_permanente_saude.pdf. Acesso em: 18 fev. 2020.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Política Nacional de Atenção Básica**. Aprova a política nacional de Atenção Básica. Diário Oficial da União, Brasília, 21 de outubro de 2011.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Diretrizes de atenção à reabilitação da pessoa com acidente vascular cerebral**. Brasília (DF): Ministério da Saúde; 2013.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Política Nacional de Atenção Básica**. Brasília: Ministério da Saúde. 2012. Disponível em: <http://189.28.128.100/dab/docs/publicacoes/geral/pnab.pdf>. Acesso em: 18 fev. 2020.

BECHARA F. T.; SANTOS S. M. S. Efetividade de um Programa Fisioterapêutico para Treino de Equilíbrio em Idosos. **Revista Saúde e Pesquisa**, v. 1, n. 1, p. 15-20, 2008.

BELLO Jr E. R.; VITAL K.R.; MORAES L.S. **Atendimento fisioterápico em domicílio**. World Gate Brasil Ltda. 2006. Disponível em: <http://fisioweb.com.br>. Acesso em: 20 fev. 2020.

BELLUCCI JR J.A.; MATSUDA L. M. Implantação do sistema acolhimento com classificação e avaliação de risco e uso do fluxograma analisador. **Texto contexto - enferm**, v. 21, n. 1, p. 217-225, 2012.

BOURKE , A. et al. Video analysis validation of a real-time physical activity detection algorithm based on a single waist mounted tri-axial accelerometer sensor. In: ANNUAL INTERNATIONAL CONFERENCE OF THE IEEE ENGINEERING IN MEDICINE AND BIOLOGY SOCIETY (EMBC), 38th. [s. l.], 18 out. 2016. **Proceedings [...]**. [s.l.]: IEEE, 2016. Disponível em: DOI 10.1109/EMBC.2016.7591821. Acesso em: 6 mar. 2020.

CAMPOS C. N. A. et al. Reinventing nursing practice in health education: theater with elderly. **Esc. Anna Nery**. v. 16, n. 3, p. 588-96. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/ean/v16n3/23.pdf> Portuguese. Acesso em: 6 mar. 2020.

CHESTER J. G.; RUDOLPH J. L. Vital signs in older patients: age-related changes. **J. Am. Med. Dir. Assoc.**, v. 12, n. 5, p. 337-343, 2011.

CHEUNG, V. H. et al. Review of accelerometry for determining daily activity among elderly patients. *Arch Phys Med Rehabil*, v.92, n.6, p.998-1014, jun.2011.

COFFITO. **Resolução nº 424, de 08 de julho de 2013**. Aprova o Código de Ética e Deontologia da Fisioterapia. Diário Oficial da União, Brasília, 08 de julho de 2013. Disponível em: <https://www.coffito.gov.br/nsite/?p=3187>. Acesso em: 14 jul. 2019.

COPELAND J. L.; ESLIGER D. W. Accelerometer assessment of physical activity in active, healthy older adults. **J. Aging. Phys. Act.**, v. 17, p.17-30, 2009.

COSTA, E. T. Oxímetro de pulso. In: BRASIL, Ministério da Saúde. **Equipamentos médico-hospitalares e o gerenciamento da manutenção: capacitação a distância**. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2002. p. 491-504.

DAVIS, M. G. et al. Physical activity patterns assessed by accelerometry in older people. **Eur. J. Appl. Physiol.**, v. 100, n. 5, p. 581-589, 2007.

DIOGO, M. J. D.; NERI, A. L.; CACHIONI M. **Saúde e qualidade de vida na velhice**. São Paulo: Alínea, 2004.

EMBARCADOS. Disponível em: <https://www.embarcados.com.br/msp430-com-iar/>. Acesso em: 18 fev. 2020.

LEITE E. C. **Plataforma dinâmica de avaliação fisioterápica.** 2015. 68f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2015.

FALKENBERG M. B. Health education and education in the health system: concepts and implications for public health. **Ciênc. Saúde Colet.** v. 19, n. 3, p. 847-52. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/csc/v19n3/1413-8123-csc-19-03-00847.pdf> Portuguese. Acesso em: 18 fev. 2020.

FASANO A et al. The neurobiology of falls. **Neurol. Sci.** v. 33, n. 6, p. 1215-23, 2012.

FREY B.; SHANN F. Oxygen administration in infants. **Arch. Dis. child fetal neonatal** v. 88, p. 84-88, 2013.

GARATACHEA, N. et al. Physical activity and energy expenditure measurements using accelerometers in older adults. **Nutr. Hosp.,** v. 25, n. 2, p. 224-230, 2010.

GIRONDI J. B. R.; SANTOS S. M. A. Deficiência física em idosos e acessibilidade na atenção básica em saúde: revisão integrativa da literatura. **Rev. Gaúcha Enferm.,** v. 32, n. 2, p. 378-384, 2011.

GOULARTE K. A. et al (2013). Descrição metodológica do uso de acelerometria para mensurar a prática de atividade física nas coortes de nascimentos de Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil, 1993 e 2004. **Caderno de Saúde Pública,** p. 557-565.

GUYTON A. C.; HALL, J. E. **Tratado de fisiologia médica.** 11. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006.

HOWCROFT, J. et al. Analysis of dual-task elderly gait using wearable plantar-pressure insoles and accelerometer. In: ANNUAL INTERNATIONAL CONFERENCE OF THE IEEE ENGINEERING IN MEDICINE AND BIOLOGY SOCIETY, 36th., [s. l.], 2014. **Proceedings [...].** Disponível em: DOI 10.1109/EMBC.2014.6944748. Acesso em: 25 ago 2019

ITEM-GLATTHORN J. F. Validity of the intelligent device for energy expenditure and activity accelerometry system for quantitative gait analysis in patients with hip osteoarthritis. **Arch. Phys. Med. Rehabil.** v. 93, n. 11, p. 2090-3, 2012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.apmr.2012.06.018> 6. Acesso em: 25 ago 2019.

JATESIKTAT P.; ANG W. An elderly fall detection using a wrist-worn accelerometer and barometer. **IEEE transactions on bio-medical engineering,** [S. l.], p. 125 - 130, 15 jul. 2017. DOI 10.1109 / EMBC.2017.8036778. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=8036778>. Acesso em: 15 dez 2019.

LANG P. O.; MICHEL J. P. ZEKRY D. Frailty syndrome: a transitional state in a dynamic process. **Gerontology,** v. 55, n. 4, p. 539-549, 2009.

LINDE K.; WILLICH S. N. "How objective are systematic reviews? Differences between reviews on complementary medicine", **J. R. Soc. Med.**, München, p. 17-22, jan. 2003.

MONIER, E. B.; SOARES, R. R. (Org.). **Saúde do idoso e a saúde da família**. São Luis: EDUFMA, 2016.

MORIN E. **Setes saberes necessários à educação do futuro**. São Paulo: Cortez, 2000.

MUNIZ D. L. B; ANDRADE M. C. **Análise biomecânica das fases da marcha por acelerômetros**. Universidade do Estado de Santa Catarina, 2010.

NEVILLE C.; LUDLOW C.; RIEGER B. Measuring postural stability with an inertial sensor: Validity and sensitivity. **Medical Devices: Evidence and Research**, v. 8, p. 447-455, 2015.

ODONTOUP. Disponível em: <https://www.odontoup.com.br/planos/>. Acesso em: 18 fev. 2020.

OLIVEIRA S. R. G.; WENDHAUSEN A. L. P. [Resignifying education in health: difficulties and possibilities of the family health strategy]. **Trab. Educ. Saúde**. v.12, n. 1, p. 129-47, 2014. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/tes/v12n1/08.pdf> Portuguese. Acesso em: 10 jan 2019.

PIERCE L. N. B. Guide to mechanical ventilation and intensive respiratory care. 1st ed. Philadelphia: WB Saunders Company, 1995. p. 147-74.

PAIM J. S. Reflexiones teóricas sobre sujetos de la praxis y sujetos de la antítesis para la Reforma Sanitaria Brasileña. **Salud Colectiva**, v. 13, n. 4, p. 599-610, 2013.

RAAMP A et al. Inertial Sensor-Based Stride Parameter Calculation From Gait Sequences in Geriatric Patients. **IEEE transactions on bio-medical engineering**, v. 62, n. 4, p. 1089-1097, 4 abr. 2015. DOI 10.1109/TBME.2014.2368211. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/6949634>. Acesso em: 10 jan 2019.

REBELATTO JR. Equilíbrio estático e dinâmico em indivíduos senescentes e o índice de massa corporal. **Fisioterapia em Movimento**, v. 21, n. 3, p. 69-75, 2008.

ROBTRONICS. Disponível em: <https://www.robtronics.com.br/eaduino/2019/03/micro-sd-card/>. Acesso em: 18 fev 2020.

RSROBOTICA. Disponível em: <https://www.rsrobotica.com.br/acelerometro-mpu6050>. Acesso em: 18 fev 2020.

RUMOR P. C. F. A promoção da saúde nas práticas educativas da saúde da família. **Cogitare enferm.**, v. 15, n. 4, p. 674-680, 2010.

SANTOS A. F. **Aplicação de acelerômetros de baixo custo em sistemas automatizados de medição**. 2007.

SANTOS D. A. et al. Validity of a combined heart rate and motion sensor for the measurement of free-living energy expenditure in very active individuals. **J. Sci. Med.**

Sport., v. 17, n. 4, p. 387-93, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jsams.2013.09.006>. Acesso em: 18 dez 2019.

SERBIM A. K. et al. Multiprofessionals workshops: health education for elderly's community. **Rev. Eletrônica Gest. Saúde.**, v. 4, n. 1, p. 1780-90, 2013. Disponível em: <http://gestaoesaude.unb.br/index.php/gestaoesaude/article/view/242>. Acesso em: 18 dez 2019.

SCHWARZ L. **Proposta de um sistema telemétrico para aquisição de sinais fisiológicos.** 2007. 117 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

SILVESTRE J. A.; COSTA NETO M. M. Abordagem do idoso em programas de saúde da família. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 19, n. 3, p. 839-847, mar. 2003.

SIQUEIRA F. V. et al. Prevalência de quedas em idosos e fatores associados. **Revista Saúde Pública**, v. 41, n. 5, p. 749-56, 2007.

SOAZ C.; DIELPOD K. Step Detection and Parameterization for Gait Assessment Using a Single Waist-Worn Accelerometer. **IEEE transactions on bio-medical engineering**, [S. l.], v. 63, n. 5, p. 933 - 942, 18 maio 2016. DOI 10.1109 / TBME.2015.2480296. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7272064>. Acesso em: 18 dez 2019

SOUZA L. B. et al. Práticas de educação em saúde no Brasil: a atuação da enfermagem. **Rev. enferm. UERJ.**, v. 18 n. 1, p. 55-60, 2010.

TAVARES L. *et al.* Inserção da fisioterapia na atenção primária à saúde. **Fisioter. Pesqui.**, p. 9-19, 25 jan. 2018. DOI 10.1590/1809-2950/15774625012018. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/fp/v25n1/2316-9117-fp-25-01-9.pdf>. Acesso em: 18 dez 2019

TEXEIRA JR J. B., Sistema de Georeferenciamento Direto para Câmara de Pequeno Formato com Sincronismo GPS, Dissertação – Universidade Federal de Pernambuco, Pernambuco, Brasil, 2010.

TSUNODA A.C.F. et al. Cuidado ao idoso na atenção básica: práticas de educação em saúde do fisioterapeuta. **Revista Brasileira de Promoção da Saúde**, v. 29, p. 5-15, 2016.

VIDADESILICIO. Disponível em: <https://www.vidadesilicio.com.br/hc-05-modulo-bluetooth>. Acesso em: 18 fev 2020.

VIEIRA R. A. Prevalência de fragilidade e fatores associados em idosos comunitários de Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil: dados do Estudo FIBRA. **Cad. Saúde Pública**, v. 29, n. 8, p. 1631-1643, 2013.

World Health Organization (WHO). Envelhecimento ativo: uma política de saúde. Brasília: Organização Pan -Americana da Saúde; 2005.

YING, L. *et al.* Validation of an accelerometer-based fall prediction model. **IEEE transactions on bio-medical engineering**, [S. l.], p. 4531 - 4534, 6 nov. 2014. DOI 10.1109 / EMBC.2014.6944631. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/6944631>. Acesso em: 18 dez 2019.

YU Z. et al. Comparison of heart rate monitoring with indirect calorimetry for energy expenditure evaluation. **J. Sport Health Sci.**, n. 1, p. 178-83, 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jshs.2012.07.004> 7. Acesso em: 18 dez 2019.

APÊNDICE A - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO
(PARA MAIORES DE 18 ANOS OU EMANCIPADOS)



Convidamos o (a) Sr. (a) para participar como voluntário (a) da pesquisa **DESENVOLVIMENTO DE UM DISPOSITIVO PARA MONITORAÇÃO DE SINAIS EM IDOSOS**, que está sob a responsabilidade do (a) pesquisador (a) Admilson de Castro Chaves Filho, residente na avenida pinheiros, Número 804, Imbiribeira, Recife – PE. CEP: 51170-120. Telefone: (81)99874-2996, e-mail: admilsonchaves@hotmail.com

Também participam desta pesquisa os pesquisadores Marco Aurélio Benedetti Rodrigues, telefone: (81) 99650-4212, e-mail: mabrbenedetti@gmail.com e está sob a orientação de: Patrícia Silva Lessa Telefone: (81)98511-9578, e-mail: ptlessa@hotmail.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 sr (a), está sendo convidado a participar de um estudo de pesquisa onde o objetivo é **DESENVOLVIMENTO DE UM DISPOSITIVO PARA MONITORAÇÃO DE SINAIS EM IDOSOS**. A pesquisa será realizada na Unidade de Saúde da Família Agamenon Magalhães 2, localizada na Travessa Zacarias, 27, Posto Agamenon, Caruaru - PE, CEP: 55000-000. A coleta de dados da pesquisa será realizada na Unidade de Saúde da Família, sendo a ida do voluntário previamente marcada pelo pesquisador. Os idosos utilizarão um bracelete e uma tornozeleira para fazer a captação dos sinais durante a execução do protocolo de exercícios que será proposto pelo pesquisador.

RISCOS: Você pode se sentir incomodado (a) e/ou constrangido (a), ou pode sentir tonturas ou desconforto 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.

Caso o paciente venha a sentir alguma indisposição, mal-estar, náusea, tontura, ou qualquer outro sintoma, o teste será interrompido imediatamente e ele receberá os devidos cuidados. Se ocorrer algum problema de saúde mais grave com o paciente durante o teste, o SAMU será chamado imediatamente a fim de prestar o devido socorro, ou o paciente será conduzido ao Hospital mais próximo. O instrumento utilizado é alimentado por bateria, não terá nenhum contato com corrente elétrica.

BENEFÍCIOS: Este estudo não proporciona benefícios diretos aos participantes, porém com os resultados obtidos nesta pesquisa, espera-se contribuir, para reabilitação e monitoração de pessoas idosas, sugerindo um novo dispositivo para auxiliar no tratamento. Os benefícios relacionados a pesquisa são de desenvolver um instrumento que irá auxiliar na monitoração e reabilitação em tempo real. Os voluntários dessa pesquisa estarão contribuindo para a validação desse instrumento. 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.

Todas as informações desta pesquisa serão confidenciais e serão 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, fichas de avaliação, fotos e filmagens, ficarão armazenados em pastas de arquivo, sob a responsabilidade do professor coorientador Marco Aurélio Benedetti Rodrigues, telefone: 9.9650-4212, e-mail: mabrbenedetti@gmail.com.), no endereço Av. da Arquitetura, s/n, Cidade Universitária, Departamento de Engenharia Elétrica, Recife - PE, CEP: 50740-550., pelo período de mínimo 5 anos.

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 pelos pesquisadores (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).**

(assinatura do pesquisador)

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 **DESENVOLVIMENTO DE UM DISPOSITIVO PARA MONITORAÇÃO DE SINAIS EM IDOSOS**, como voluntário (a). Fui devidamente informado (a) e esclarecido (a) pelo(a) pesquisador (a) 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 (ou interrupção de meu acompanhamento/assistência/tratamento).

Local e data _____

Assinatura do participante: _____

Presenciamos a solicitação de consentimento, esclarecimentos sobre a pesquisa e o aceite do voluntário em participar. (02 testemunhas não ligadas à equipe de pesquisadores):

Nome:	Nome:
Assinatura:	Assinatura:

APÊNDICE B - TERMO DE COMPROMISSO E CONFIDENCIALIDADE

Título do projeto: DESENVOLVIMENTO DE UM DISPOSITIVO PARA MONITORAÇÃO DE SINAIS EM IDOSOS

Pesquisador responsável: Admilson de Castro Chaves Filho

Instituição/Departamento de origem do pesquisador: Centro de Tecnologia e Geociências - UFPE

Telefone para contato: (81)99874-2996

E-mail: admilsonchaves@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 término 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

APÊNDICE C - FICHA DE AVALIAÇÃO



Nome: _____

Idade: _____

Sexo: _____

Endereço: _____

Atividade Profissional: _____

Medicamentos: () Não () Sim Qual: _____

Antecedentes Pessoais:

() HAS () DM () Obesidade () AVC () DPOC/Asma

() TVP () Marcapasso () Menopausa () Aborto () Gestação

Fatores de Risco:

() Fumo () Sedentarismo () Dislipidemia () Álcool () Stress

() Dieta rica em gordura () História familiar () Outros _____

Pratica alguma atividade física? () Não () Sim

É acompanhada por algum profissional? Sim () Não ()

Faz reavaliações periódicas (entre 1 à 12 meses) ? Sim () Não ()

APÊNDICE D – PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP



DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: DESENVOLVIMENTO DE UM DISPOSITIVO PARA MONITORAÇÃO DE EXERCÍCIOS TERAPÊUTICOS EM IDOSOS

Pesquisador: ADMELSON DE CASTRO CHAVES FILHO

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 06276819.6.0000.5208

Instituição Proponente: CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 3.219.408

Apresentação do Projeto:

O projeto intitulado "DESENVOLVIMENTO DE UM DISPOSITIVO PARA MONITORAÇÃO DE EXERCÍCIOS TERAPÊUTICOS EM IDOSOS" trata-se de uma pesquisa à nível de mestrado a ser desenvolvido no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica da UFPE.

Objetivo da Pesquisa:

Objetivo Primário:

Desenvolvimento e validação de um equipamento de baixo custo para monitoração e aquisição de sinais em idosos que serão submetidos a orientações fisioterapêuticas.

Objetivo Secundário:

Realizar a aquisição dos sinais vitais (FC, SPO2) em idosos;

Realizar a aquisição do sinal de acelerometria de pontos estratégicos do corpo;

Transmitir em tempo real os sinais adquiridos;

Analisar simultaneamente a realização do protocolo de reabilitação e os sinais vitais em idosos;

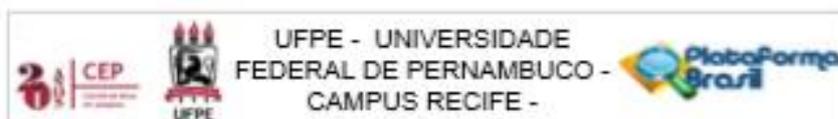
Confirmar e avaliar a realização do protocolo fisioterapêutico pelos idosos.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos:

Haverá um risco de constrangimento do participante, para minimizá-lo, apenas o pesquisador se encontrará no momento do teste. Caso o participante venha a sentir alguma indisposição, mal-

Endereço: Av. da Engenharia s/nº - 1º andar, sala 4, Prédio do Centro de Ciências da Saúde
Dalmo: Cidade Universitária **CEP:** 50.740-600
UF: PE **Município:** RECIFE
Telefone: (81)2125-8588 **E-mail:** cep@ufpe.br



Contratação do Pesquisador: 3.219.408

estar, náusea, tontura, ou qualquer outro sintoma, o teste será interrompido imediatamente e ele receberá os devidos cuidados. Se ocorrer algum problema de saúde mais grave com o participante durante o teste, o SAMU será chamado imediatamente a fim de prestar o devido socorro, ou será conduzido ao Hospital mais próximo. O instrumento utilizado é alimentado por bateria, não terá nenhum contato com corrente elétrica.

Benefícios:

Este estudo não proporciona benefícios diretos aos participantes, porém com os resultados obtidos nesta pesquisa, espera-se contribuir para reabilitação de pessoas idosas, sugerindo um novo dispositivo para o tratamento. Os benefícios relacionados a pesquisa são de desenvolver um instrumento que irá auxiliar na promoção, prevenção e reabilitação de pessoas idosas. Os voluntários dessa pesquisa estarão contribuindo para a validação desse instrumento.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Trata-se de um estudo transversal, do tipo piloto, para testar o equipamento que será desenvolvido. A pesquisa será composta por duas etapas, a primeira será o desenvolvimento do instrumento, realizada no laboratório de Interface Homem Máquina da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). A segunda será composta por testes do instrumento realizados em uma unidade de saúde da família do município de Canuaru - PE, a fim de verificar a viabilidade do equipamento proposto. Os testes clínicos serão realizados em indivíduos de ambos os sexos, que são assistidos pela unidade de saúde, com idade a partir de 60 anos e com cognitivo preservado.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Apresenta todos os termos obrigatórios, de acordo com as normas.

Recomendações:

As solicitações de adequações do projeto foram realizadas. Portanto, recomendamos a aprovação.

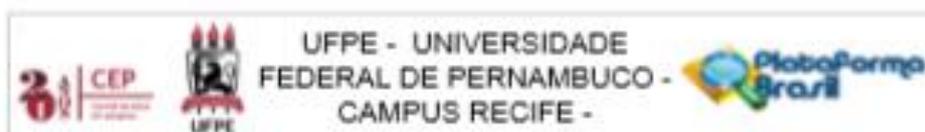
Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Aprovado.

Considerações Finais e critério do CEP:

As exigências foram atendidas e o protocolo está APROVADO, sendo liberado para o início da coleta de dados. Informamos que a APROVAÇÃO DEFINITIVA do projeto só será dada após o envio do Relatório Final da pesquisa. O pesquisador deverá fazer o download do modelo de Relatório Final para enviá-lo via "Notificação", pela Plataforma Brasil. Siga as instruções do link "Para enviar".

Endereço: Av. de Engenheiro Afonso - 1º andar, sala 4, Prédio do Centro de Diagnóstico da Saúde
 Bairro: Cidade Universitária CEP: 50.740-620
 UF: PE Município: RECIFE
 Telefone: (81)2125-8988 E-mail: mep@ufpe.br



Credenciamento do Pesquisador: 3.273.408

Relatório Final", disponível no site do CEPCCS/UFPE. Após apreciação desse relatório, o CEP emitirá novo Parecer Consultor/relatório definitivo pelo sistema Plataforma Brasil.

Informamos, ainda, que o (a) pesquisador (a) deve desenvolver a pesquisa conforme delineada neste protocolo aprovado, exceto quando perceber risco ou dano não previsto ao voluntário participante (Item V.3., da Resolução CNS/MS Nº 466/12).

Eventuais modificações nesta pesquisa devem ser solicitadas através de EMENDA ao projeto, identificando a parte do protocolo a ser modificada e suas justificativas.

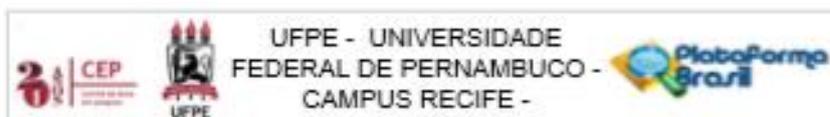
Para projetos com mais de um ano de execução, é obrigatório que o pesquisador responsável pelo Protocolo de Pesquisa apresente a este Comitê de Ética relatórios parciais das atividades desenvolvidas no período de 12 meses a contar da data de sua aprovação (Item X.1.3.b., da Resolução CNS/MS Nº 466/12).

O CEPCCS/UFPE deve ser informado de todos os efeitos adversos ou fatos relevantes que alterem o curso normal do estudo (Item V.5., da Resolução CNS/MS Nº 466/12). É papel do(a) pesquisador(a) assegurar todas as medidas imediatas e adequadas frente a evento adverso grave ocorrido (mesmo que tenha sido em outro centro) e ainda, enviar notificação à ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária, junto com seu posicionamento.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1266093.pdf	21/03/2019 12:58:59		Aceito
Folha de Rosto	Folha_de_rosto.doc	21/03/2019 12:57:42	ADMILSON DE CASTRO CHAVES FILHO	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Admilson_Projeto_CEP.doc	20/03/2019 17:06:36	ADMILSON DE CASTRO CHAVES FILHO	Aceito
TGLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TGLEMaiores18.doc	20/03/2019 17:06:14	ADMILSON DE CASTRO CHAVES FILHO	Aceito
Outros	Carta_Resposta.doc	15/03/2019 16:05:27	ADMILSON DE CASTRO CHAVES FILHO	Aceito
Outros	Comprovante_Matricula.pdf	24/01/2019 17:00:29	ADMILSON DE CASTRO CHAVES	Aceito

Endereço: Av. da Engenharia s/nº - 1º andar, sala 4, Pedro de Castro de Góndim de Saade
Cidade: Cidade Universitária **CEP:** 50.740-600
UF: PE **Município:** RECIFE
Telefone: (81)2125-8588 **E-mail:** cepccc@ufpe.br



Contratante do Parecer: 3.219.408

Outros	Comprovante_Matricula.pdf	24/01/2019 17:00:29	FILHO	Aceito
Outros	Termo_Confidencialidade.pdf	24/01/2019 16:59:36	ADMILSON DE CASTRO CHAVES FILHO	Aceito
Outros	Lattes_Patricia.pdf	24/01/2019 01:26:31	ADMILSON DE CASTRO CHAVES FILHO	Aceito
Outros	Lattes_Marco_Aurelio.pdf	24/01/2019 01:21:49	ADMILSON DE CASTRO CHAVES FILHO	Aceito
Outros	Lattes_Admilson.pdf	24/01/2019 01:19:22	ADMILSON DE CASTRO CHAVES FILHO	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	Declaracao_Anuencia.doc	21/01/2019 12:26:53	ADMILSON DE CASTRO CHAVES FILHO	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	Carta_Anuencia.doc	21/01/2019 12:23:45	ADMILSON DE CASTRO CHAVES FILHO	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

RECIFE, 25 de Março de 2019

Assinado por:
Gisele Cristina Sena da Silva Pinho
(Coordenador(a))

Endereço: Av. do Engenheiro nº7 - 1º andar, sala 4, Prédio do Centro de Ciências da Saúde
Bairro: Cidade Universitária CEP: 50.740-600
UF: PE Município: RECIFE
Telefone: (01)2126-8588 E-mail: uapcon@ufpe.br