



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE BIOCÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS



AMANDA MARIA DA CONCEIÇÃO PEREZ

**DISPOSITIVO DE MONITORAMENTO REMOTO COM ACELEROMETRIA NA
REABILITAÇÃO FUNCIONAL DE IDOSOS**

Recife
2025

AMANDA MARIA DA CONCEIÇÃO PEREZ

**DISPOSITIVO DE MONITORAMENTO REMOTO COM ACELEROMETRIA NA
REABILITAÇÃO FUNCIONAL DE IDOSOS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de doutor em Ciências Biológicas

Área de concentração: Biotecnologia e Bionformática.

Orientador (a): Rosa Amalia Fireman Dutra

Coorientador: Marco Aurélio benedetti Rodrigues

Recife

2025

.Catalogação de Publicação na Fonte. UFPE - Biblioteca Central

Perez, Amanda Maria da Conceicao.

Dispositivo de monitoramento remoto com acelerometria na reabilitação funcional de idosos / Amanda Maria da Conceicao Perez. - Recife, 2025.

120f.: il.

Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Biociências, Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas, 2025.

Orientação: Rosa Amalia Fireman Dutra.

Coorientação: Marco Aurélio Benedetti Rodrigues.

Inclui referências, apêndices e anexos.

1. Reabilitação; 2. Fisioterapia; 3. Idoso; 4. Monitorização;
5. Acelerometria; 6. COVID-19. I. Dutra, Rosa Amalia Fireman.
II. Rodrigues, Marco Aurélio benedetti. III. Título.

UFPE-Biblioteca Central

AMANDA MARIA DA CONCEIÇÃO PEREZ

**DISPOSITIVO DE MONITORAMENTO REMOTO COM ACELEROMETRIA NA
REABILITAÇÃO FUNCIONAL DE IDOSOS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de doutor em Ciências Biológicas.

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Dr^a. Rosa Amalia Fireman Dutra (Orientador)

Universidade Federal de Pernambuco

Prof^a. Dr^a. Marco Aurélio Benedetti Rodrigues (Orientador)

Universidade Federal de Pernambuco

Prof^a. Dr^a Teresinha Goncalves da Silva (Examinador Interno)

Universidade Federal de Pernambuco

Prof^a. Dr^a. Valéria Conceição Passos de Carvalho (Examinadora Externa)

Universidade Católica de Pernambuco

Prof^a. Dr^a. Cristiana Maria Macedo de Brito (Examinadora Externa)

Universidade Católica de Pernambuco

Prof^a. Dr^a. Kétura Rhammá Cavalcante Ferreira (Examinadora Externa)

UNINASSAU

DEDICATORIA

Dedico este trabalho, com todo o amor e gratidão, à minha família, que sempre foi minha base, meu apoio e minha inspiração.

À minha mãe, pela presença constante e por sempre acreditar em mim, mesmo nos momentos em que eu mesma duvidei.

À memória do meu pai, que, mesmo ausente fisicamente, segue presente em meus pensamentos e no meu coração.

Ao meu esposo, por todo o companheirismo, paciência e apoio incondicional durante os momentos de desafio. Sua presença constante e seu incentivo diário foram fundamentais para que eu seguisse em frente, mesmo diante das dificuldades.

Ao meu filho, que é a razão de muitos dos meus sonhos. Que este trabalho possa ser, um dia, uma inspiração para que ele acredite no poder da dedicação e do conhecimento.

Esta vitória é nossa. Obrigada por tudo.

AGRADECIMENTOS

A realização deste trabalho foi possível graças ao apoio, incentivo e presença de pessoas muito especiais ao longo desta jornada, às quais deixo aqui minha mais sincera gratidão.

À minha mãe, por todas as palavras de força nos momentos mais desafiadores. Sua presença constante me fortaleceu imensamente.

À memória do meu pai, que permanece vivo em mim através dos valores que me ensinou.

Ao meu esposo, pelo companheirismo, paciência e apoio incondicional em todos os momentos. Obrigada por acreditar em mim e caminhar ao meu lado com tanto amor.

Ao meu filho, minha maior fonte de inspiração, que me motivou a seguir mesmo nos dias mais cansativos. Este trabalho também é por você e para você.

Às minhas amigas Maria Clara, Leiliane e Carol, pela amizade sincera, pelas trocas, risadas e pelo apoio durante todo esse processo. Ter vocês por perto tornou essa caminhada mais leve e especial.

Um agradecimento especial ao meu orientador, Professor Marco Aurélio, pela orientação atenta, pelas valiosas contribuições acadêmicas e, sobretudo, pela confiança no meu trabalho. Sua dedicação e disponibilidade foram fundamentais para a construção desta pesquisa.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para esta conquista, meu muito obrigada.

RESUMO

Introdução: A pandemia de COVID-19 infectou milhões e levou à adoção do distanciamento social, reduzindo drasticamente os atendimentos presenciais, incluindo a fisioterapia. Diante disso, surgiu a telerreabilitação como alternativa para dar continuidade aos cuidados, especialmente para a população idosa, mais vulnerável ao isolamento e ao declínio funcional. **Objetivo:** Avaliar a viabilidade de utilização de um dispositivo de monitoramento remoto de exercícios terapêuticos na reabilitação funcional de idosos. **Metodologia:** Trata-se de um estudo observacional, prospectivo e de corte transversal, com amostra por conveniência. A pesquisa foi realizada de forma presencial e remota, utilizando a plataforma online SISMO-UFPE (Sistema de Monitoramento Fisioterapêutico em Pacientes Pós-COVID-19). Participaram indivíduos com 60 anos ou mais, de ambos os sexos; foram excluídos aqueles com menos de 60 anos e com hipertensão ou diabetes descompensadas. O estudo foi dividido em duas etapas: testes preliminares com adultos saudáveis no laboratório da UFPE e, posteriormente, aplicação do sistema em domicílio com idosos residentes no Recife-PE. **Resultados:** Foi possível realizar o acompanhamento remoto dos voluntários com sequelas pós-COVID-19 por meio do sistema proposto. Os dados gerados durante as sessões permaneceram disponíveis no portal, possibilitando ao profissional de saúde o acesso contínuo às informações clínicas de cada paciente. Essa funcionalidade favorece o monitoramento detalhado da evolução funcional, contribuindo para ajustes no plano terapêutico sempre que necessário. Além disso, o sistema demonstrou potencial para ser aplicado em programas de reabilitação funcional em geral, ampliando sua aplicabilidade para outras populações com limitações físicas e necessidade de acompanhamento remoto. **Conclusão:** O sistema de monitoramento remoto desenvolvido incluiu o acompanhamento em tempo real dos participantes, fornecendo feedback quantitativo ao profissional de reabilitação. A plataforma foi bem avaliada quanto à usabilidade.

Palavras Chave: Idosos, Reabilitação, Fisioterapia, COVID-19; Monitorização; Acelerometria.

ABSTRACT

Introduction: The COVID-19 pandemic infected millions of people and led to the adoption of social distancing, drastically reducing in-person healthcare services, including physical therapy. In this context, telerehabilitation emerged as an alternative to ensure continuity of care, especially for the elderly population, who are more vulnerable to isolation and functional decline. **Objective:** To evaluate the feasibility of using a remote monitoring device for therapeutic exercises in the functional rehabilitation of older adults. **Methodology:** This is an observational, prospective, cross-sectional study with a convenience sample. The research was conducted both in person and remotely, using the online platform SISMO-UFPE (Physiotherapeutic Monitoring System for Post-COVID-19 Patients). Participants were individuals aged 60 years or older, of both sexes. Those under 60 or with uncontrolled hypertension or diabetes were excluded. The study was divided into two stages: initial tests with healthy adults in the UFPE Human-Machine Interface Laboratory, followed by home-based application of the system in older adults residing in Recife-PE. **Results:** Remote monitoring of volunteers with post-COVID-19 sequelae was feasible using the proposed system. Data generated during the sessions remained available on the platform, allowing healthcare professionals continuous access to each patient's clinical information. This feature enabled detailed monitoring of functional progress and contributed to therapeutic plan adjustments whenever necessary. Furthermore, the system showed potential for broader application in general functional rehabilitation programs, extending its use to other populations with physical limitations and a need for remote care. **Conclusion:** The remote monitoring system developed enabled real-time participant follow-up and provided quantitative feedback to the rehabilitation professional. The platform was positively evaluated in terms of usability.

Keywords: elderly, Rehabilitation, Physiotherapy, COVID-19; Monitoring; Accelerometry.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Posicionamento dos acelerômetros no corpo do paciente.....	29
Figura 2: Diagrama de blocos do funcionamento do sistema em fases.....	30
Figura 3: Hardware dos módulos vestíveis.....	31
Figura 4: Diagrama de bloco do processo do portal em fases.....	32
Figura 5: Tela de entrada ao portal via login e senha.....	40
Figura 6: Tela de coleta de dados do portal.....	41
Figura 7: Tela de análise de acelerometria do portal.....	42
Figura 8: Tela de dados cadastrais do fisioterapeuta.....	43
Figura 9: Relatório de sessões fisioterapêuticas no portal.....	44
Figura 10: Dados dos relatórios dos pacientes.....	45
Figura 11: Questionário do paciente.....	46
Figura 12: Questionário de avaliação física do paciente.....	46
Figura 13: Escala de avaliação mini exame do estado mental.....	47
Figura 14: Relatórios de exercícios do portal.....	48
Figura 15: Protocolos de exercícios descritos em fases no portal.....	49
Figura 16: Tela de informações complementares do paciente.....	49
Figura 17: Coleta de dados, com gráfico gerado em tempo real.....	51
Figura 18: Voluntário realizando os primeiros testes de funcionamento do portal.....	51
Figura 19: Módulos vestíveis da primeira versão.....	52
Figura 20: Nova versão dos módulos vestíveis com pulseiras ajustáveis e fechamento em velcro.....	53
Figura 21: Exercício de pedalada coletados por meio de três acelerômetros fixo no MID.....	57
Figura 22: Exercícios de abdução do membro superior e marcha estática, com foco no eixo x, no braço direito, perna direita e tronco.....	59
Figura 23: Voluntária realizando exercício de MMII.....	59
Figura 24: Exercício de MMSS E MMII esquados coletados por meio de acelerômetros.....	61

Figura 25: Voluntário realizando o exercício de abdução de MMSS.....	61
Figura 26: Exercício de abdução de MMSS esquerdo coletados por meio de 1 acelerometro nos três eixos	63
Figura 27: Voluntário realizando o exercício de mmss.....	63
Figura 28: Gráficos de acelerometria gerados a partir do exercício de marcha estática da perna esquerda e da perna direita, do eixo x, coletados por meio de um acelerômetro fixado em cada membro.....	65
Figura 29: Voluntária realizando ZCMC realizando o exercício de marcha estática.....	65
Figura 30: Gráficos de acelerometria gerados a partir do exercício de marcha estática da perna direita, coletados por meio de um acelerômetro fixado no MMIID.....	67
Figura 31: Gráficos de acelerometria gerados a partir do exercício de marcha estática da perna direita, coletados por meio de um acelerômetro fixado no membro inferior esquerdo.....	68
Figura 32: Voluntária ZCP realizando exercício de marcha estática.....	68
Figura 33: Gráficos de acelerometria do eixo y, gerados a partir da comparação das acelerações da perna direita e esquerda durante uma atividade de caminhada.....	69
Figura 34: Exercício de caminhada de 3 metros da voluntária AMPD.....	70
Figura 35: Gráficos de acelerometria do eixo y, gerados a partir da comparação das acelerações das pernas direita e esquerda durante uma atividade de caminhada de 3 metros em um idoso.....	71
Figura 36: Exercício de caminhada de três metros do voluntário las.....	72
Figura 37: Gráficos de acelerometria dos eixos, x, y e z, gerados a partir do exercício de caminhada.....	73
Figura 38: Gráficos de acelerometria dos eixos, x, y e z, gerados a partir do exercício de caminhada de três metros.....	74
Figura 39: Voluntária MDCCD realizando o exercício de caminhada.....	74
Figura 40: Gráficos de acelerometria do eixo y, gerados a partir do exercício de abdução de MMSS.....	76
Figura 41: Voluntária MMS realizando o exercício de abdução de membro superior.....	76

Figura 42: Gráficos de acelerometria da perna direita dos eixos x, y e z, gerados a partir do exercício de caminhada.....	78
Figura 43: Gráficos de acelerometria da perna esquerda dos eixos x, y e z, gerados a partir do exercício de caminhada.....	78
Figura 44: Voluntária MMS realizando o exercício de caminhada.....	79

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: prescrição de exercícios terapêuticos para pacientes pós covid-19.....	25
Tabela 2: características gerais da amostra.....	55
Tabela 3: antecedentes pessoais e fatores de risco	56
Tabela 4: características gerais dos voluntários da amostra.....	80
Tabela 5: valores do método de avaliação do questionário sus.....	81

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AVDs	Atividades de vida diárias
CEP	Comitê de Ética em Pesquisa
ECG	eletrocardiograma (ECG)
ESPII	Emergência de Saúde Pública de Importância Internacional
GPEB	Grupo de Pesquisa em Engenharia Biomédica (GPEB)
LIHOM	Laboratório de Interface Homem-Máquina
MEEM	Mini Exame de Estado Mental
MMII	Membros superiores (MMII)
MMSS	Membros superiores
OMS	Organização Mundial de Saúde
SDRA	Síndrome do desconforto respiratório agudo
TR	Telereabilitação
TSV	Taquicardia supraventricular
UFPE	Universidade Federal de Pernambuco

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
2 OBJETIVOS	18
1.1 GERAL.....	18
1.2 ESPECÍFICOS.....	18
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	19
3.1 IDOSO.....	19
3.2 COVID-19.....	19
3.3 IMPACTOS DA COVID-19 NA CAPACIDADE FUNCIONAL DE IDOSOS	20
3.4 PLATAFORMA VIRTUAL.....	20
3.5 ACELEROMETRIA E SEU USO NA REABILITAÇÃO.....	21
3.6 REABILITAÇÃO REMOTA.....	22
3.7 REABILITAÇÃO REMOTA EM IDOSOS.....	23
3.8 PROTOCOLOS DE EXERCÍCIOS TERAPÊUTICOS PARA REABILITAÇÃO FUNCIONAL.....	24
4 METODOLOGIA	26
4.1 DESENHO DO ESTUDO.....	26
4.2 LOCAL E PERÍODO DO ESTUDO.....	26
4.3 AMOSTRA DE PARTICIPANTES.....	27
4.4 CRITÉRIOS DE ELEGIBILIDADE.....	27
4.4.1 Critérios de Inclusão	27
4.4.2 Critérios de exclusão.....	27
4.5 PROCEDIMENTOS.....	28
4.5.1 Sistema de monitorização do movimento por acelerometria	28
4.5.2 módulo fixo	29
4.5.3 Módulos vestíveis	30
4.5.4 Portal web	31
4.5.5 Firmware	32
4.6 ETAPA DE RECRUTAMENTO DE VOLUNTÁRIOS.....	33
4.7 AVALIAÇÃO DOS PACIENTES EM ATENDIMENTO.....	33
4.8 PROTOCOLO DE EXERCÍCIOS TERAPÊUTICOS DESENVOLVIDOS...33	
4.8.1 Exercícios realizados nas intervenções	34
4.9 ETAPA DE UTILIZAÇÃO DO INSTRUMENTO.....	37
4.10 AVALIAÇÃO DA PLATAFORMA SEGUNDO A PERCEPÇÃO DOS USUÁRIOS.....	37
4.11 ANÁLISE DOS DADOS.....	38

4.12 ANÁLISE DA USABILIDADE.....	38
5 RESULTADOS	40
5.1 RESULTADO DA PRIMEIRA ETAPA DO ESTUDO: TESTES DO DISPOSITIVO-PORTAL EM INDIVÍDUOS SAUDÁVEIS.....	40
5.2 RESULTADO DA SEGUNDA ETAPA DO ESTUDO: INDIVÍDUOS IDOSOS ...	54
5.3 ANÁLISE DOS QUESTIONÁRIOS SUS.....	79
6. DISCUSSÃO.....	82
7 CONCLUSÃO.....	86
8 CONTRIBUIÇÕES FUTURAS.....	87
REFERÊNCIAS.....	88
ANEXO 1 - ARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP	97
ANEXO 2 - MINI EXAME DO ESTADO MENTAL.....	98
APÊNDICE 1 – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (PARA MAIORES DE 18 ANOS OU EMANCIPADOS).....	99
APÊNDICE 3 – QUESTIONÁRIO SUS PARA AVALIAÇÃO DE USABILIDADE DA PLATAFORMA DE MONITORAMENTO.....	106
APÊNDICE 4 - ARTIGO DE REVISÃO PUBLICADO.....	108
APÊNDICE 5 - ARTIGO ORIGINAL ENVIADO.....	120

1 INTRODUÇÃO

No final de 2019, as autoridades de saúde reportaram à Organização Mundial da Saúde (OMS) um surto atípico de infecções respiratórias na cidade de Wuhan, na China. Posteriormente, em 7 de janeiro de 2020, as autoridades chinesas anunciaram a identificação de uma nova cepa de coronavírus, associada às infecções pulmonares relacionadas (Lana et al., 2020; Vieira et al., 2022). Com o aumento expressivo do número de pessoas contaminadas e a gravidade da enfermidade, a OMS oficializou, em fevereiro de 2020, a denominação "doença por coronavírus" (COVID-19) e declarou a pandemia (Zhu et al., 2020).

Em fevereiro de 2020, um novo tipo de coronavírus foi nomeado SARS-CoV-2, sendo identificado como o causador da COVID-19. Desde então, o COVID-19 infectou mais de 462 milhões de pessoas, destas mais de 6,05 milhões de vidas foram perdidas em todo o mundo (OPAS, 2020; Wiersinga et al., 2020). Diante da rápida disseminação global e dos impactos na saúde pública, a doença foi definida como uma Emergência de Saúde Pública de Importância Internacional (ESPII), representando o mais alto nível de alerta previsto pelo Regulamento Sanitário Internacional (OPAS, 2020).

No caso dos idosos, grupo mais vulnerável à COVID-19, os efeitos foram ainda mais expressivos. Estima-se que um terço dos pacientes hospitalizados pela doença, especialmente os idosos, desenvolvem sequelas persistentes, afetando múltiplos sistemas. Alterações cognitivas, dispneia, fadiga, perda de força muscular, déficits de equilíbrio e comprometimento das atividades de vida diária (AVDs) são comuns e exigem reabilitação funcional para recuperação da autonomia (Helms et al., 2020; Morin et al., 2021).

Nesse contexto, o uso de tecnologias passou a ser uma estratégia necessária para manter a continuidade dos cuidados. Ferramentas como videochamadas e comunicação telefônica foram incorporadas à prática clínica por meio da telessaúde, viabilizando o acompanhamento remoto dessa população por meio da telereabilitação (Fioratti; Fernandes; Reis; Saragiotto, 2021). A reabilitação remota permite a realização de intervenções de forma síncrona (como em videoconferências) ou assíncrona (como no envio de registros e imagens digitais) (Vieira et al., 2022).

A telereabilitação tem sido amplamente recomendada para a atuação de fisioterapeutas, possibilitando um cuidado seguro e contínuo à distância (Fioratti;

Fernandes; Reis; Saragiotto, 2021). No entanto, sua adesão ainda enfrenta desafios relevantes, como a interrupção do tratamento por parte dos pacientes, muitas vezes relacionada à dificuldade no manuseio de tecnologias digitais ou à complexidade das intervenções propostas (Reinhardt; Schwarz; Harst, 2021). Nesse contexto, o uso de tecnologias objetivas e acessíveis, como o acelerômetro, pode contribuir significativamente para o fortalecimento dessa modalidade de cuidado.

O acelerômetro é uma ferramenta precisa na detecção de acelerações corporais, sendo extremamente útil para a avaliação e monitoramento dos movimentos humanos de forma remota e quantitativa (Silva, 2013). A integração de sensores inerciais à prática fisioterapêutica remota pode facilitar a prescrição e o acompanhamento terapêutico, ao oferecer dados objetivos sobre o desempenho funcional dos pacientes, promovendo maior engajamento e segurança durante o processo de reabilitação (WEISS et al., 2015; ZAGO et al., 2018).

Diante do exposto, este estudo teve como objetivo, o desenvolvimento de um dispositivo de monitoramento remoto de exercícios terapêuticos na reabilitação funcional, de idosos.

2 OBJETIVOS

1.1 GERAL

- Desenvolver um dispositivo de monitoramento remoto capaz de otimizar o acompanhamento de exercícios terapêuticos em reabilitação funcional de idosos.

1.2 ESPECÍFICOS

- Adaptar a partir da literatura um protocolo de exercícios fisioterapêutico para aplicação remota;
- Aplicar protocolos fisioterapêuticos, utilizando o dispositivo de monitoramento desenvolvido a fim de adquirir, transmitir e salvar os sinais de acelerometria, em indivíduos idosos;
- Acompanhar em tempo real os parâmetros funcionais durante a execução de exercícios terapêuticos, através do dispositivo;
- Avaliar os exercícios realizados pelos voluntários através dos gráficos gerados no dispositivo;
- Testar a usabilidade e a aceitação do dispositivo pelos voluntários, garantindo sua funcionalidade e acessibilidade em diferentes contextos, através do questionário SUS.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 IDOSO

Durante o envelhecimento, ocorrem alterações físico-funcionais típicas dessa fase da vida, ainda que variem conforme as particularidades de cada indivíduo (Lopes e Santos, 2015). Trata-se de um processo natural do desenvolvimento humano, que envolve modificações estruturais, funcionais e químicas no sistema nervoso. Além disso, fatores ambientais e socioculturais, como estilo de vida, hábitos alimentares, nível de atividade física e prática de exercícios influenciam significativamente o curso do envelhecimento, podendo favorecer tanto um envelhecimento saudável quanto patológico (WHO, 2020).

O envelhecimento é um processo fisiológico progressivo que pode afetar múltiplos sistemas do organismo, resultando em alterações na capacidade funcional, força muscular, equilíbrio e mobilidade (Lopes e Santos, 2015). Essas mudanças tornam os idosos mais suscetíveis a quadros de fragilidade, quedas e comprometimentos nas atividades de vida diária, reforçando a necessidade de intervenções fisioterapêuticas específicas e contínuas (Lana et al., 2021).

Comorbidades crônicas, como doenças cardiovasculares, osteoarticulares e neurológicas, são comuns nessa população e podem agravar as limitações funcionais, dificultando o acesso aos serviços convencionais de reabilitação (Bortolotto; Breda, 2023). Tais condições podem comprometer significativamente a mobilidade, a independência nas atividades diárias e a socialização dos idosos, contribuindo para o declínio progressivo da saúde. Assim, estratégias como a reabilitação funcional remota tornam-se relevantes para a promoção da autonomia e qualidade de vida dos idosos, oferecendo alternativas viáveis e adaptáveis às suas necessidades clínicas e sociais (Moreira et al., 2020; WHO, 2020).

3.2 COVID-19

A pandemia provocada pelo coronavírus SARS-CoV-2, identificado inicialmente em dezembro de 2019 em Wuhan, China, provocou mudanças significativas nos sistemas de saúde em todo o mundo (Souza et al., 2020). Com elevada transmissibilidade, a doença (COVID-19) infectou mais de 462 milhões de pessoas e causou mais de 6 milhões de mortes (OPAS, 2020; OMS, 2020). A propagação rápida

do vírus levou à sua classificação como pandemia em março de 2020, exigindo medidas rigorosas de distanciamento social (Gorbalenya et al., 2020; SUN et al., 2020).

Nos casos mais graves, o vírus acometeu múltiplos sistemas, especialmente o respiratório, levando à hospitalização e, em muitos casos, à internação em unidades de terapia intensiva (UTI) (Martillo et al., 2021; Wiertz et al., 2021). Essa crise sanitária impôs barreiras importantes ao acompanhamento presencial de pacientes, principalmente nas populações mais frágeis que necessitam de reabilitação fisioterapêutica, como os idosos (Brasil, 2020; Noronha et al, 2020).

3.3 IMPACTOS DA COVID-19 NA CAPACIDADE FUNCIONAL DE IDOSOS

Indivíduos que foram hospitalizados devido pneumonia associada à COVID-19 podem apresentar limitações ao exercício após um mês da alta hospitalar (Zampogna et al., 2019). Essas limitações estão relacionadas com o processo inflamatório causado pelo vírus e pode resultar em redução da capacidade pulmonar que por sua vez leva a uma diminuição na capacidade funcional que corresponde a habilidade de desempenhar as AVD's de forma satisfatória, principalmente nos idosos (Campos et al., 2020; Associação de Medicina Intensiva Brasileira, 2020; Pinto et al., 2016).

A hospitalização por COVID-19 pode resultar em importantes limitações funcionais após a alta, especialmente em populações mais vulneráveis, como é o caso dos idosos. Essas dificuldades englobam alterações neurológicas e musculoesqueléticas, como neuropatia e fraqueza muscular, além de impactos psicológicos, como ansiedade e depressão, além de perda de peso e complicações cardiovasculares (Martillo et al., 2021; Wiertz et al., 2021). É essencial que essas condições sejam devidamente monitoradas tanto no período pós-alta quanto durante a fase de reabilitação. A prescrição e a supervisão de exercícios físicos desempenham um papel fundamental na recuperação desses indivíduos (Souza et al., 2020).

3.4 PLATAFORMA VIRTUAL

Devido às medidas restritivas de circulação necessárias para a contenção da disseminação da COVID-19, durante a pandemia o número de consultas remotas aumentou exponencialmente (Ferreira, 2020). O uso de plataformas virtuais permitiu que os pacientes fossem acompanhados efetivamente de forma remota e contribuiu para

a proteção do paciente, profissionais e da comunidade devido à possibilidade de manutenção do distanciamento social (Hollander; Carr, 2020). Dessa forma, o acompanhamento remoto se apresentou como uma alternativa viável para a superação de dificuldades relacionadas a impossibilidades de acompanhamento presencial (Dantas; Barreto; Ferreira, 2020).

Atualmente pode-se observar a existência de uma maior aceitação das plataformas de acompanhamentos remotos para reabilitação fisioterapêutica, principalmente por conta da percepção de que ela contribui para a acessibilidade dos cuidados primários (Nice, 2020). Já existem evidências de que o acompanhamento remoto como proposta de reabilitação fisioterapêutica contribui para o melhor desempenho dos sistemas cardiorrespiratório e motor do paciente, além de promover melhoria em sua qualidade de vida e bem-estar, oferecer suporte psicológico e prevenção de complicações secundárias (Gilmudinova et al., 2021).

Atualmente, essas iniciativas de consultas e acompanhamentos remotos através de plataformas virtuais são consideradas imprescindíveis para a promoção da saúde dos pacientes mais diversos (Ferreira, 2020). A utilização de plataformas virtuais para o acompanhamento remoto configura-se como uma estratégia integradora às práticas convencionais de cuidado, especialmente nos processos de triagem, monitoramento clínico e suporte a distância. Essa abordagem mostrou-se particularmente relevante em cenários nos quais o atendimento presencial é inviável, como evidenciado durante a pandemia da COVID-19 (Negrini et al., 2021).

3.5 ACELEROMETRIA E SEU USO NA REABILITAÇÃO

Com o avanço tecnológico, sensores inerciais, como acelerômetros e giroscópios, têm sido cada vez mais utilizados para monitoramento das atividades físicas humanas. Esses equipamentos podem auxiliar no desenvolvimento de sistemas de controle biomédicos para reabilitação. Os acelerômetros são sensores muito precisos na percepção de frequência e intensidade de movimentos, podendo ser muito úteis para a avaliação dos movimentos humanos (Perez et al., 2020). Várias são as vantagens descritas na literatura que legitimam a utilização dos acelerômetros, como o baixo custo, facilidade de operação e portabilidade (Neville; Ludlow; Rieger, 2015).

A utilização dos acelerômetros, como ferramenta de análise clínica humana,

pode fornecer informações importantes sobre a posição do corpo, durante análises biomecânicas. O uso deste equipamento apresenta como principal vantagem a objetividade na realização de coleta de dados, permitindo a análise direta da movimentação, auxiliando os profissionais de saúde na tomada de decisão clínica. Dessa forma, ficando cada vez mais relevante a utilização dos acelerômetros como tecnologia de auxílio para a prática clínica e de reabilitação (Perez et al., 2020; Neville; Ludlow; Rieger, 2015).

É notório o aumento da utilização dos acelerômetros em vários estudos e investigações científicas, justificado pela sua evolução e redução de custo (Souza, 2019; Perez et al., 2020). Diversas são as pesquisas que apontam para o emprego dos acelerômetros na análise do movimento humano, pode-se destacar também o seu uso em protocolos de avaliação fisioterapêuticas, na reabilitação, para ajustes de padrões anormais dos movimentos, na avaliação do risco de quedas e também para monitorização de exercícios físicos (Neville; Ludlow; Rieger, 2015; Perez et al., 2020).

3.6 REABILITAÇÃO REMOTA

Situações que impossibilitam a reabilitação presencial, como em contextos de crise sanitária, representam um desafio significativo para a continuidade dos cuidados em saúde, especialmente no campo da fisioterapia. Nesses cenários, muitos pacientes apresentam sintomas como dor miofascial, artralguas, ansiedade e estresse, o que compromete diretamente a funcionalidade e o bem-estar físico e emocional (Haines; Berney, 2020; Huang et al., 2021). Diante disso, tornou-se necessária a adaptação do atendimento fisioterapêutico para formatos alternativos que assegurassem a continuidade e a segurança do cuidado prestado (Brouwers et al., 2017).

Como alternativa, a reabilitação remota, por meio de plataformas digitais, foi regulamentada pelo Conselho Federal de Fisioterapia e Terapia Ocupacional (COFFITO), viabilizando o acompanhamento fisioterapêutico a distância. Essa modalidade tem se mostrado eficaz na supervisão de exercícios terapêuticos e na manutenção da capacidade funcional, com foco na prevenção de quadros de fragilidade e sarcopenia em diferentes populações clínicas. Além de favorecer a adesão ao tratamento, a telereabilitação amplia o acesso à fisioterapia, sobretudo em casos nos quais o atendimento presencial é limitado ou inviável (Jiménez-Pavón;

Carbonell-Baeza; Lavie, 2020).

A reabilitação remota consiste em atendimentos a distância, realizados através de plataformas virtuais e mostrou-se uma alternativa viável, segura e eficaz na melhora da capacidade funcional, dispneia e qualidade de vida (Bernocchi et al., 2018; Brouwers et al., 2017). Estudos mostraram que a telereabilitação pode ser uma alternativa benéfica para os atendimentos dessa população, visto que o acompanhamento das sessões podem ser realizados de forma segura e eficaz, sem a presença de efeitos adversos (Gerez et al., 2021).

3.7 REABILITAÇÃO REMOTA EM IDOSOS

A telereabilitação tem se consolidado como uma alternativa eficaz para a reabilitação de pessoas idosas, especialmente aquelas com condições crônicas que afetam a funcionalidade, como doenças neurológicas, musculoesqueléticas e reumatológicas. Essa modalidade de cuidado permite um acompanhamento individualizado e contínuo, com intervenções ajustadas às necessidades específicas de cada idoso, promovendo maior adesão ao tratamento (Tolu-Akinnawo, 2024).

No caso de idosos com distúrbios na marcha e no equilíbrio — alterações comuns nesse grupo etário, a reabilitação remota tem apresentado resultados promissores. O uso de tecnologias, como videoconferências e plataformas de monitoramento remoto, possibilita que o fisioterapeuta acompanhe a execução dos exercícios em tempo real, contribuindo para a reabilitação funcional segura e eficaz (Perez et al., 2023). Em doenças musculoesqueléticas crônicas, como a osteoartrite, e em condições como o acidente vascular cerebral (AVC), a telereabilitação oferece flexibilidade, comodidade e autonomia, fatores essenciais para a continuidade do cuidado (Oh-Park, 2021).

Além disso, programas de exercícios domiciliares supervisionados remotamente têm demonstrado benefícios adicionais, como a redução do risco de quedas, a melhoria da função física e a diminuição das barreiras de acesso, como o deslocamento até centros de reabilitação (Tsekoura et al., 2022). Esses elementos tornam a telereabilitação uma estratégia valiosa para a promoção da saúde e da qualidade de vida na população idosa (Perez et al., 2022).

3.8 PROTOCOLOS DE EXERCÍCIOS TERAPÊUTICOS PARA REABILITAÇÃO FUNCIONAL

A prescrição de protocolos de exercícios terapêuticos para indivíduos com comprometimentos funcionais deve considerar as particularidades clínicas de cada paciente. A elaboração de um plano personalizado deve levar em conta aspectos como a condição funcional, presença de comorbidades, tempo de hospitalização (quando aplicável) e histórico de adoecimento, fatores que podem influenciar diretamente no sucesso do processo de reabilitação (Lutchmansingh et al., 2021).

Um período de intervenção entre seis e oito semanas tem sido associado à diminuição dos sintomas e à melhora da capacidade funcional, redução de sintomas e maior engajamento na reabilitação (Spruit et al., 2020). Para garantir a segurança do paciente, é recomendado realizar a estratificação de risco e monitorar sinais vitais, como saturação de oxigênio (SpO₂), frequência cardíaca (FC) e pressão arterial sistêmica (PA). Além disso, é essencial acompanhar possíveis agravamentos ou o surgimento de novos sintomas. Na elaboração dos protocolos terapêuticos, devem ser levados em conta fatores como frequência, intensidade, tipo e duração dos exercícios (Sheehy et al., 2020).

Recomenda-se que o programa de reabilitação seja composto por exercícios aeróbicos e de resistência durante um período de seis a oito semanas, com frequência de 2 a 3 consultas semanais. A progressão gradual das atividades, respeitando os limites e a evolução individual do paciente, é essencial para garantir segurança e adesão ao tratamento. Para que um protocolo de Fisioterapia seja considerado eficiente, recomenda-se que o plano terapêutico inclua os seguintes componentes: exercícios aeróbicos, exercícios de força, exercícios de equilíbrio e de flexibilidade, dessa forma abrangendo a maioria dos comprometimentos de funcionalidade (Silva-Grigoletto; Resende-Neto; Teixeira, 2020; Lutchmansingh et al., 2021).

A população idosa é um exemplo de grupo que pode se beneficiar amplamente desses protocolos, uma vez que apresenta frequentemente sequelas respiratórias, neuromusculares e cardiorrespiratórias. Para esses pacientes, programas bem estruturados de reabilitação têm demonstrado eficácia na recuperação funcional e na melhoria da qualidade de vida. A Tabela 1 apresenta as recomendações para a prescrição dos exercícios, considerando os parâmetros de frequência, intensidade, tipo e tempo, com potencial de adaptação a diferentes perfis clínicos e condições

funcionais (Spruit et al., 2020; Sheehy et al., 2020).

Tabela 1: Prescrição de exercícios terapêuticos para reabilitação funcional
Nota: AVD: Atividade de vida diária, MRC: *medical research council*, RM: repetição máxima.

	Exercício aeróbico	Exercício de força	Exercício de flexibilidade/equilíbrio
Frequência semanal	3 a 7 dias	2 a 3 dias não consecutivos	2 a 3 dias não consecutivos
Intensidade	Escala de Borg modificada 3 – 6	40% a 60% RM Aumento 5% a 10% / semana	Progressiva Conforme tolerância
Tipo	Caminhada (esteira, simuladores, ar livre) Bicicleta ergométrica (Membros Inferiores/ superiores)	Peso corporal, peso livre (halteres), faixas elásticas, exercícios em máquina Estimulação Elétrica Neuromuscular (MRC < 3)	Estáticos e dinâmicos* Treino de AVD
Tempo	> 20 minutos/dia, contínuo ou Intermitente	2 - 3 com 8-12 séries repetições	Alongamento estático por 10 a 30s, 2 a 4 repetições por exercício.

Fonte: Adaptado de ASSOBRAFIR, 2021

4 METODOLOGIA

4.1 DESENHO DO ESTUDO

Trata-se de estudo observacional, prospectivo de corte transversal. O presente estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal de Pernambuco sob número de aprovação 5.135.351. Anexo 1.

4.2 LOCAL E PERÍODO DO ESTUDO

Esta pesquisa foi conduzida de forma presencial e remota, onde a etapa de acompanhamento remoto foi conduzida por meio da plataforma online Sistema de monitoramento Fisioterapêutico (SISMO-UFPE), desenvolvida especificamente para esta pesquisa. O estudo foi dividido em duas etapas:

Na primeira etapa a pesquisa foi composta por testes da plataforma, realizados em adultos saudáveis, a fim de verificar seu funcionamento e realizar os ajustes necessários para os testes definitivos nos voluntários da pesquisa, realizados no laboratório de Interface Homem Máquina da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), localizada na no Av. da Arquitetura, s/n - Cidade Universitária, Recife - PE, CEP, 50740-550.

Na segunda etapa, a pesquisa foi realizada no ambiente domiciliar respectivo a cada paciente, residentes na cidade do Recife-PE, e região metropolitana através de recrutamento de voluntários para a utilização do sistema/dispositivo proposto para o funcionamento e usabilidade do mesmo, esses voluntários foram acompanhados pelos pesquisadores, integrantes da pesquisa de forma presencial no primeiro contato, a fim de realizar a avaliação inicial e fornecimento de esclarecimentos sobre funcionamento do dispositivo e possíveis dúvidas sobre a pesquisa e posteriormente esse acompanhamento foi realizado no formato remoto em tempo real.

O planejamento deste estudo seguiu as orientações para a implementação do atendimento fisioterapêutico a distância de pacientes com disfunções musculoesqueléticas, proposta por (Cottrell & Russell, 2020). A escolha por desenvolver a pesquisa remotamente se deu devido à pandemia de Covid-19, a qual impôs medidas restritivas de convívio social. No entanto, considerando as limitações enfrentadas por alguns pacientes independentes das restrições impostas pela

pandemia, pode-se afirmar que o acompanhamento remoto possui potencial para aprimorar o atendimento a outras populações, ampliando o acesso e a continuidade dos cuidados.

4.3 AMOSTRA DE PARTICIPANTES

A pesquisa foi conduzida com duas amostras não probabilísticas, selecionadas por conveniência. A primeira amostra foi composta por 20 indivíduos saudáveis, sem histórico de doenças crônicas como hipertensão arterial ou diabetes. Essa fase teve como principal objetivo testar e ajustar o funcionamento do sistema, sendo que apenas um desses participantes é apresentado neste trabalho como exemplo ilustrativo.

A segunda amostra incluiu 23 idosos, dos quais apenas 9 concluíram todas as etapas do estudo, devido à indisponibilidade de alguns participantes e perdas ao longo do processo. Entre os participantes que finalizaram a pesquisa, 3 eram do sexo masculino e 6 do sexo feminino, todos com idade superior a 60 anos e com diagnóstico de disfunções musculoesqueléticas e/ou funcionais, como artrose, artrite e osteoporose.

4.4 CRITÉRIOS DE ELEGIBILIDADE

4.4.1 Critérios de Inclusão

Foram selecionados indivíduos de ambos os sexos, com idade acima de 60 anos, residentes na região metropolitana do Recife-PE, e que possuam o estado cognitivo preservado avaliado através do Mini Exame de Estado Mental (MEEM) (Anexo 2), adotando o ponto de corte sugerido por Brucki, et. al (2003), clinicamente estáveis. Além disso, os pacientes devem ter acesso à internet em algum dispositivo (smartphone, computador ou notebook) que permita a utilização do sistema. Os participantes que já estavam em uso de alguma medicação foram orientados a continuar utilizando normalmente.

4.4.2 Critérios de exclusão

Foram excluídos do estudo indivíduos com doenças ortopédicas ou neurológicas, além de pacientes amputados ou que fazem uso de dispositivos auxiliares de marcha que os impossibilitaram a realização dos exercícios. Foram excluídos também aqueles indivíduos que obtivessem uma pontuação inferior a 24

pontos no mini-mental (Brucki et al, 2003). Além disso, pacientes com hipertensão arterial sistêmica (HAS) ou diabetes mellitus descontroladas.

4.5 PROCEDIMENTOS

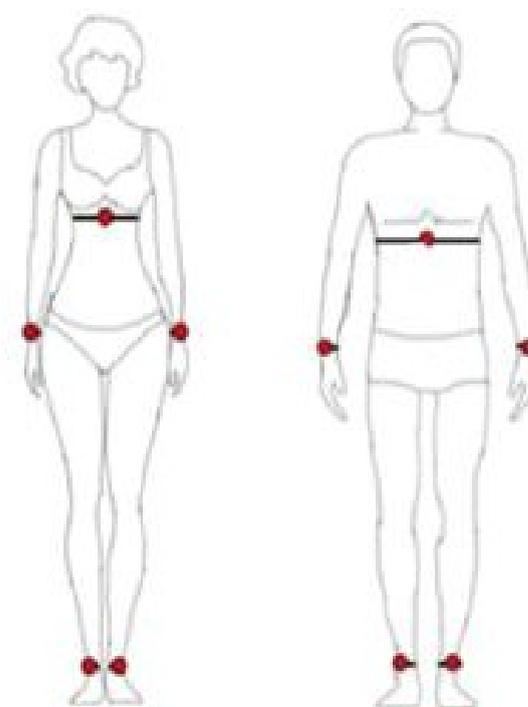
Inicialmente, foi realizado o desenvolvimento do dispositivo de monitoramento para averiguação e monitoramento de exercícios terapêuticos remotos, através do Grupo de Pesquisa em Engenharia Biomédica (GPEB), no Laboratório de Interface Homem-Máquina (LIHOM) da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), localizado na Av. da Arquitetura, s/n - Cidade Universitária, Recife - PE, CEP, 50740-550. Após esta seguiu-se com as demais etapas da pesquisa.

4.5.1 Sistema de monitorização do movimento por acelerometria

O sistema consiste de um portal/site para guardar e acompanhar o progresso dos pacientes através dos dados armazenados na nuvem, de um módulo fixo, de uma Raspberry Pi 4 Model B 8GB e de módulos vestíveis, acelerômetros para identificação das acelerações e amplitudes de movimento, integrados a um microcontrolador com comunicação sem fio.

O sistema de monitoramento vestível, consta de cinco módulos, que ficaram posicionados no corpo do paciente. Os módulos posicionados nos membros superiores e inferiores e tronco são compostos de acelerômetros, sem fio e placa microcontrolada. Para alimentar os módulos vestíveis foram utilizadas baterias de lítio com capacidade de 380mAh. As pulseiras utilizadas no estudo foram confeccionadas com manufatura aditiva através de impressão 3D e estarão dispostas em pontos estratégicos para captação dos eixos de movimento pelos acelerômetros (pulso direito e esquerdo, tornozelo direito e esquerdo e no tórax. De acordo com a figura 1.

Figura 1: Posicionamento dos acelerômetros no corpo do paciente



Fonte: Arquivo pessoal da autora, 2023.

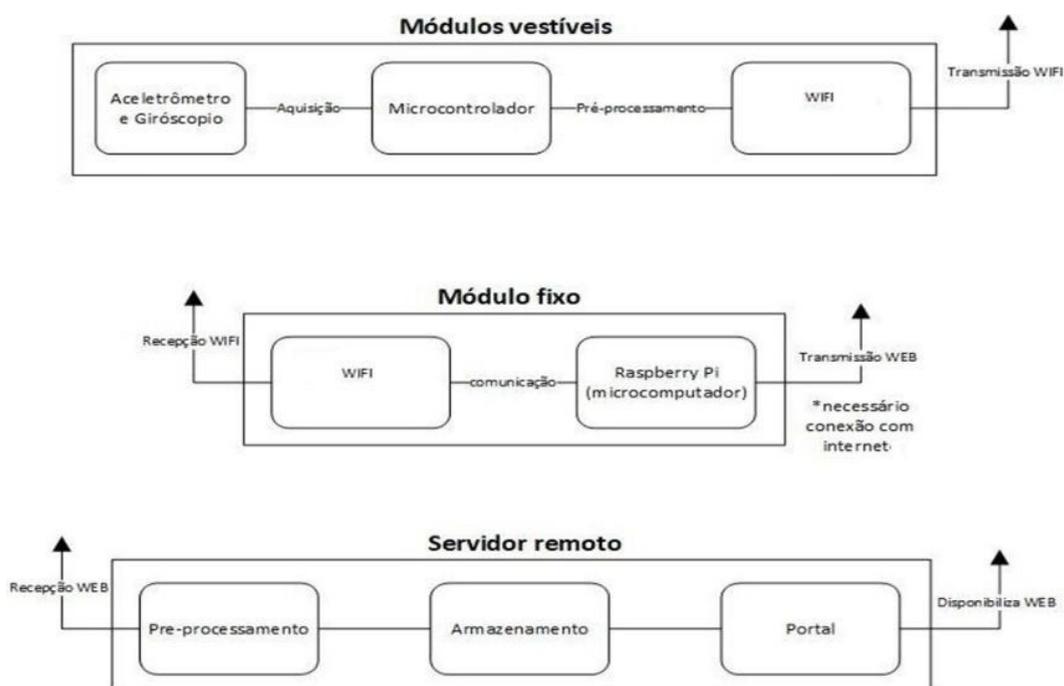
4.5.2 módulo fixo

O módulo fixo é responsável por receber todas as informações dos módulos vestíveis, organizá-las e enviá-las para o servidor. Para a comunicação foi utilizado o um módulo Wi-Fi e para o verificação dos dados foi utilizada uma Raspberry Pi 4. Os dados processados são enviados ao servidor utilizando a internet via Wi-Fi, para permitir ao voluntário verificar se os módulos vestíveis estão ativos e comunicando-se com o módulo fixo, e se os dados estão sendo transmitidos efetivamente para o servidor remoto, garantindo assim a monitorização dos movimentos desempenhados durante a sessão de reabilitação. O módulo permite ainda o acompanhamento dos sinais por parte do especialista através do portal WEB.

Os dados são recebidos com o auxílio do módulo fixo por meio dos módulos vestíveis e essa transferência se dá através de tecnologia de transmissão de dados sem fio (wireless). No módulo fixo ocorre a captura de vídeo, o empacotamento dos dados dos módulos periféricos e envio para um servidor remoto através da internet.

Na figura 2 é possível observar de forma simplificada em um diagrama de blocos o funcionamento do sistema em fases. Os dados processados são enviados ao servidor utilizando a internet via Wi-Fi. O módulo fixo também possui um display por onde o paciente pode interagir com informações que os permite identificar se os dados estão sendo enviados e se os módulos estão ligados e enviados os dados corretamente.

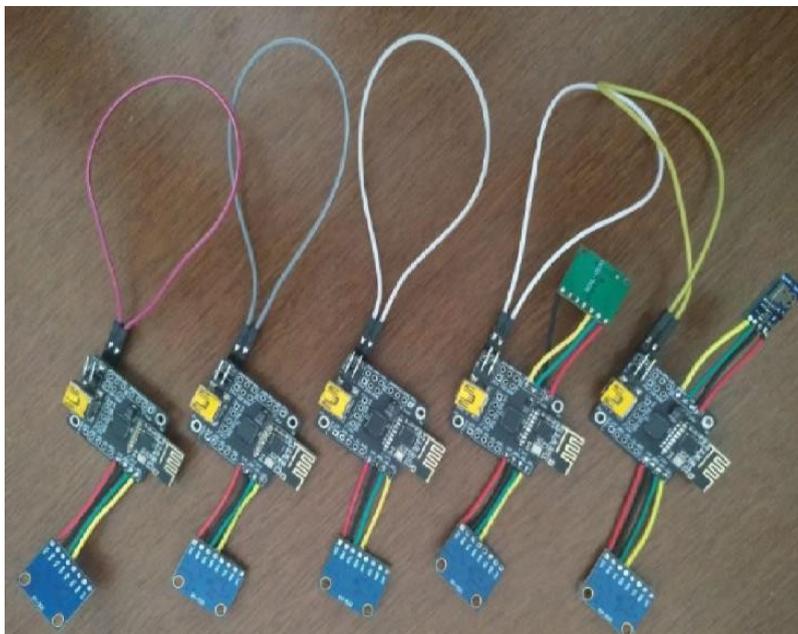
Figura 2: diagrama de blocos do funcionamento do sistema em fases



Fonte: A autora, 2023.

4.5.3 Módulos vestíveis

Os módulos vestíveis são responsáveis por monitorar os movimentos dos MMSS e MMII, através do hardware/sensor MPU6050, capaz de medir valores de acelerometria, este módulo é baseado em tecnologia MEMS (Micro-Electro-Mechanical Systems) e contém um acelerômetro e um giroscópio de 3 eixos cada, tudo em um único chip, totalizando 6 graus de liberdade. Os módulos são alimentados diretamente pela bateria de LiPo (íon de polímero) com tensão nominal de 3,7, ideal para projetos que necessitam de rastreamento de movimento preciso, a figura 3 mostra hardware utilizado nos módulos vestíveis.

Figura 3: Hardware dos módulos vestíveis

Fonte: Acervo da autora, 2022.

Os módulos vestíveis foram confeccionados com PLA (polímero termoplástico), material biodegradável e atóxico, adequado para estar em contato com a pele e para impressão em 3D. Para a fixação no corpo dos voluntários, foi utilizado velcro, garantindo um ajuste confortável e adaptável a diferentes morfologias. Para possibilitar que os voluntários verifiquem se os módulos vestíveis estão ativos e se comunicando corretamente, foi empregada uma interface na Raspberry Pi -módulo fixo. Esta configuração permitiu a monitorização dos movimentos durante as sessões e possibilitou que o especialista acompanhasse os sinais através de um portal web. O sistema de monitoramento foi alimentado por bateria, assegurando que não houvesse riscos para os participantes da pesquisa.

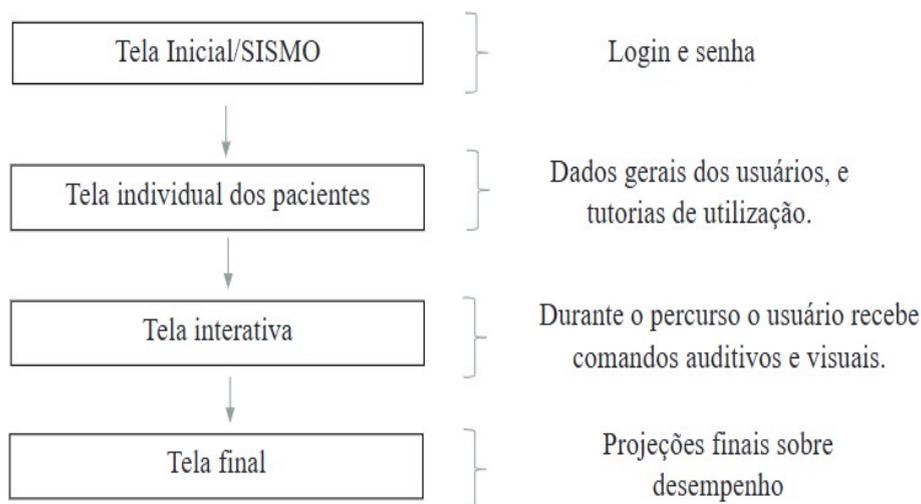
4.5.4 Portal web

O portal está disponível na interface web SISMO no endereço eletrônico <https://bionet.ufpe.br>, e conta com os recursos necessários para a interação remota entre pacientes, especialistas e pesquisadores. A Plataforma virtual apresenta recursos que auxiliam remotamente pacientes em reabilitação fisioterapêutica, além de condensar outras funções, como monitoramento da realização dos exercícios

terapêuticos, disponibiliza vídeos com orientações para a realização dos exercícios e permite a comunicação entre pacientes e especialistas (no caso, fisioterapeutas), em tempo real, além de salvar as informações (arquivos referentes às avaliações e aos dados dos exercícios diários realizados) em um banco de dados para análises futuras.

Todos os arquivos anexados na plataforma são disponibilizados na nuvem, para que os profissionais especialistas tenham acesso e desta maneira possam acompanhar os pacientes, utilizando os instrumentos de teleconsulta, de teleconsultoria e de teleatendimento com a intenção de interagir com o paciente, intervir quando se fizer necessário e também confirmar a realização do protocolo completo fisioterapêutico, além de realizar mudanças nos protocolos de acordo com a evolução dos pacientes. O acesso à plataforma só será permitido mediante um login e senha a fim de manter a segurança dos dados dos pacientes e profissionais envolvidos na pesquisa que estão disponibilizados na plataforma, na figura 4 está disponibilizado um diagrama de blocos explicando as funcionalidades do portal em fases.

Figura 4: Diagrama de bloco do processo do portal em fases



Fonte: A Autora, 2023

4.5.5 Firmware

O firmware usado em cada módulo vestível é bem parecido, mudando apenas algumas informações específicas para identificar cada módulo. O sistema funciona da seguinte forma: os dados são coletados de um sensor chamado MPU-6050 (que mede movimentos e giros) por meio de um tipo de conexão chamada I²C, que utiliza apenas

dois canais de comunicação para transmitir e receber informações entre os dispositivos. Depois, envia esses dados sem fio usando um componente chamado Wi Fi, que se comunica com o microcontrolador através de outra conexão, chamada SPI, esta conexão é mais rápida e utiliza quatro canais de comunicação para trocar dados de forma precisa. A transmissão sem fio utiliza ondas de rádio na frequência de 2.4GHz.

Cada módulo tem um código único para identificar sua posição no corpo, sendo eles: BD para o braço direito, BE para o braço esquerdo, PD para a perna direita, PE para a perna esquerda e TR para o tronco. O firmware também configura como os componentes do sensor e do transmissor se conectam aos pinos do microcontrolador. Ele usa um temporizador (Timer) para "acordar" o sensor a uma frequência definida (chamada FS) e coletar dados em intervalos regulares.

Normalmente, essa coleta acontece a cada 1/50 de segundo (ou seja, 50 vezes por segundo). Além disso, são configurados os endereços dos módulos de transmissão, e os dados coletados são organizados em estruturas específicas chamadas "payloads", que são enviados pelo transmissor sem fio. O programa principal do firmware fica em um ciclo contínuo, esperando o momento certo para coletar dados. Ele verifica se a última transmissão foi concluída antes de coletar novos dados e enviar novamente.

4.6 ETAPA DE RECRUTAMENTO DE VOLUNTÁRIOS

Os participantes foram recrutados através das redes sociais virtuais (como por exemplo os grupos de WhatsApp®, grupos e comunidades do Facebook® e perfis do Instagram®), do grupo de pesquisa GPEB / UFPE.

4.7 AVALIAÇÃO DOS PACIENTES EM ATENDIMENTO

Apenas após a assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (Apendice 1) pelos indivíduos incluídos no estudo a coleta foi realizada. Inicialmente, os participantes voluntários do estudo foram avaliados de maneira presencial no ambiente domiciliar do paciente através da coleta de dados da história clínica e da ficha de avaliação supracitada. Neste momento o grupo foi avaliado por meio de ficha de avaliação, (Apendice 2).

4.8 PROTOCOLO DE EXERCÍCIOS TERAPÊUTICOS DESENVOLVIDOS

O protocolo de tratamento consistiu na realização de exercícios terapêuticos supervisionados de forma síncrona, por meio de videochamadas realizadas na plataforma Sistema de Monitoramento Fisioterapêutico para Pacientes idosos (SISMO-UFPE). As atividades incluíram exercícios aeróbicos e de resistência muscular periférica, direcionados aos membros superiores (tríceps, bíceps braquial, flexores e extensores do punho) e membros inferiores (quadríceps, isquiotibiais e tríceps Sural).

Cada paciente foi submetido a uma consulta individual, durante a qual os exercícios foram selecionados de acordo com seu perfil funcional e nível terapêutico, considerando limitações, capacidades e objetivos específicos. As sessões tiveram duração média de 10 a 20 minutos e foram adaptadas para promover força, equilíbrio, flexibilidade e resistência, respeitando o estágio de reabilitação de cada participante. Essa abordagem personalizada garantiu maior efetividade e segurança na condução das atividades remotas.

4.8.1 Exercícios realizados nas intervenções

O protocolo é composto por 13 tipos de exercícios, divididos em 3 estágios, composto por exercícios respiratórios, exercícios motores para membros superiores (MMSS) e exercícios motores para membros inferiores (MMII). Cada exercício é indicado de acordo com o quadro funcional e com as limitações apresentadas.

Estágio 1 (exercício respiratório)

- Exercício: três tempos inspiratório

Descrição: Consiste na inspiração dividida em tempos (1; 2; 3) através do nariz, associada a elevação dos membros superiores e uma expiração lenta em um único tempo através da boca, associada ao retorno dos membros superiores à posição inicial.

Objetivo: Melhorar a capacidade inspiratória

- Exercício: 3 tempos expiratório

Descrição: Consiste na expiração dividida em tempos (1; 2; 3) através do nariz, associada a elevação dos membros superiores e uma expiração lenta em um único tempo através da boca, associada ao retorno dos membros superiores à posição inicial.

Objetivo: Melhorar a capacidade expiratória

- Exercício: Inspiração profunda

Descrição: Consiste em inspirações nasais profundas seguidas por expirações orais abreviadas.

Objetivo: Melhorar a capacidade inspiratória.

- Exercício: Exercício para ofertar pressão positiva ao final da expiração (Epap artesanal)

Descrição: Consiste em realizar pressão positiva expiratória, através do uso de selo de água.

Objetivo: Melhorar a oxigenação por implementar a troca gasosa

Estágio 2 (exercícios respiratórios associados a exercícios motores)

- Exercício: Elevação de MMSS

Descrição: Consiste em realizar a flexão de ombro para estimular força dos músculos flexores do ombro, peitoral maior (porção clavicular), deltoide anterior, coracobraquial, e o bíceps (porção curta).

Objetivo: Melhorar a capacidade funcional do paciente

- Exercício: Abdução horizontal de MMSS

Descrição: Consiste em realizar a abdução de ombro para estimular a força da musculatura do músculo deltoide na parte medial.

Objetivo: Melhorar a capacidade funcional do paciente

- Exercício: Elevação alternada de MMSS

Descrição: Consiste em realizar a flexão anterior e elevação dos membros de forma alternada a fim de estimular a mobilidade e a amplitude de movimento.

Objetivo: Melhorar a capacidade funcional do paciente

- Exercício: Supino

Descrição: Consiste em realizar a abdução de ombro, flexão e extensão de cotovelo para estimular a mobilidade e fortalecimento global do MMSS

Objetivo: Melhorar a capacidade funcional do paciente

- Exercício: Flexão e extensão de MMII de pé

Descrição: Consiste em realizar a flexão e extensão do membro inferior, estimulando a força e mobilidade dos grupos musculares do quadril, joelho e tornozelo (em pé). Objetivo: Melhorar a capacidade funcional do paciente

- Exercício: Flexão e extensão de MMII sentado

Descrição: Consiste em realizar a flexão e extensão do membro inferior, estimulando a força e mobilidade dos grupamentos musculares do quadril, joelho e tornozelo (Sentado)

Objetivo: Melhorar a capacidade funcional do paciente

- Exercício: Marcha estática

Descrição: Consiste em realizar o padrão de marcha funcional de forma estacionária (sem sair do lugar). Durante a atividade o voluntário ficará de pé, com a postura ereta, com os braços estendidos paralelos ao corpo, enquanto realiza a elevação dos joelhos um por cada vez, será contabilizado o número máximo de elevações do joelho que o indivíduo consegue realizar no período de tempo de 2 minutos, como realizado no teste de marcha estacionária de 2 minutos.

Objetivo: Melhorar a capacidade funcional do paciente.

- Exercício: Abdução de MMII em pé

Descrição: Consiste em realizar a abdução do membro inferior para estimular a mobilidade e o fortalecimento dos músculos abdutores.

Objetivo: Melhorar a capacidade funcional do paciente

Estágio 3 (exercícios do estágio 2 associados a pesos)

- Exercício: Exercícios do estágio 2 com o auxílio de equipamentos

Descrição: Realizar o protocolo da fase 2 com o auxílio dos equipamentos Objetivo: Melhorar a capacidade funcional com maior intensidade

- Exercício: Pedalar no cicloergômetro

Descrição: Paciente sentado realiza pedalada com uso do cicloergômetro para treinar força e mobilidade de MMII e estimular a capacidade aeróbica.

Objetivo: Melhorar a capacidade funcional com maior intensidade.

4.9 ETAPA DE UTILIZAÇÃO DO INSTRUMENTO

Os testes de utilização do instrumento foram realizados no primeiro momento no LIHOM (laboratório de interface homem-máquina, na UFPE) em 20 indivíduos saudáveis (participantes do grupo de pesquisa e voluntários recrutados por meio de redes sociais), onde foram realizadas as aquisições e transmissão dos dados de indivíduos saudáveis, para verificação do funcionamento do instrumento, bem como para averiguar a necessidade de ajustes e em seguida foi dado início a coleta de dados com os voluntários da pesquisa, composta por indivíduos que tiveram idosos. Primeiramente, foi realizada uma visita presencial ao participante a fim de realizar uma triagem através de uma ficha de avaliação, para coletar as informações de identificação e verificar os critérios de elegibilidade (Apêndice 1), nesta mesma visita foram elucidadas todas as questões referentes à pesquisa e ao instrumento.

Os voluntários não elegíveis receberam orientações adequadas para promover benefícios à sua evolução clínica e manejo das sequelas. Para os indivíduos elegíveis e interessados em participar, foi solicitada a assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), em conformidade com as diretrizes do Conselho de Ética e Pesquisa em Seres Humanos e com as normas estabelecidas pela Resolução nº 466, de 12 de dezembro de 2012, do Ministério da Saúde (Apêndice 2). Após essa etapa, foram realizados os testes e as análises dos dados obtidos por meio de acelerometria.

Ao término da pesquisa, os participantes responderam a um questionário para avaliar sua experiência individual com o dispositivo de monitoramento fisioterapêutico utilizado. O objetivo desse questionário foi analisar a viabilidade de usabilidade do sistema, utilizando a escala *System Usability Scale* (SUS) (Apêndice 3).

4.10 AVALIAÇÃO DA PLATAFORMA SEGUNDO A PERCEPÇÃO DOS USUÁRIOS

Os dados foram avaliados em consonância com as demais variáveis coletadas, sendo cruciais para a avaliação das percepções dos pacientes quanto à utilização da tecnologia proposta e para a formulação de estratégias que favoreçam a adesão ao protocolo terapêutico. Essa análise também possibilitou investigar a associação entre a adesão e a frequência na realização dos exercícios com a percepção dos pacientes sobre a gravidade das suas condições de saúde, e o impacto funcional das sequelas na rotina diária e a relevância atribuída ao acompanhamento fisioterapêutico.

O aprofundamento dessas análises visa não apenas identificar os fatores limitantes à adesão ao tratamento, mas também compreender os desafios específicos relacionados à natureza remota da intervenção, contribuindo com evidências para a qualificação dos modelos de cuidado fisioterapêutico em contextos similares.

4.11 ANÁLISE DOS DADOS

Foram realizadas aquisições de sinais de acelerômetro, giroscópio e captura de vídeo, permitindo a aplicação de técnicas de processamento, aprimoramento e filtragem desses sinais. Após o pré-processamento dos dados coletados, realizou-se a extração de parâmetros como aceleração, velocidade, giro ou rotação, e deslocamentos. Esses dados possibilitaram a identificação de padrões nos sinais de acelerômetro e giroscópio durante os exercícios realizados.

Além disso, as consultas fisioterapêuticas foram gravadas em vídeo a parte durante a execução dos exercícios. Após as consultas esses vídeos foram enviados para nuvem em pastas respectivas a cada paciente para armazenamento dos dados coletados, permitindo sua análise em tempo real ou posteriormente. Os vídeos juntamente com os dados das coletas dos acelerômetros e giroscópios auxiliaram na identificação dos exercícios realizados pelos pacientes e na classificação da coerência desses movimentos em relação às orientações fornecidas pelo fisioterapeuta.

A análise dos dados foi conduzida de maneira sistemática e imparcial. A seleção dos voluntários, dos exercícios e dos eixos de análise foi realizada de maneira aleatória, utilizando um sorteio com papéis opacos e lacrados. Em um conjunto de papéis, foram registrados os nomes dos voluntários, em outro, os exercícios executados individualmente; e, por fim, em um terceiro grupo, os eixos a serem analisados. O processo ocorreu em etapas sequenciais, garantindo a imparcialidade na escolha e evitando quaisquer vieses de seleção.

4.12 ANÁLISE DA USABILIDADE

Após o uso da plataforma proposta, os participantes selecionados responderam a um questionário baseado na escala System Usability Scale (SUS). O questionário consistiu em 10 perguntas, classificadas em uma escala de 1 a 5, para identificar o grau de satisfação dos participantes em relação ao instrumento utilizado. A análise do

questionário seguiu os requisitos do SUS, uma métrica amplamente utilizada para mensurar a usabilidade de diversos produtos e serviços.

A pontuação do SUS foi calculada a partir das respostas dos usuários. Primeiramente, o escore de cada item foi determinado: para os itens 1, 3, 5, 7 e 9, subtrai-se 1 da nota recebida; para os itens 2, 4, 6, 8 e 10, subtrai-se a nota recebida por 5. A soma dos escores foi multiplicada por 2,5, gerando um valor total. Com base nesse cálculo, o sistema foi classificado de acordo com os seguintes intervalos: 20,5(pior imaginável); 21 a 38,5 (pobre); 39 a 52,5 (mediano); 53 a 73,5 (bom); 74 a 85,5 (excelente); e maior que 86 (melhor imaginável) (Brooke, 2013).

O SUS demonstrou ser uma ferramenta tecnológica robusta e agnóstica, quando comparada a outros instrumentos de avaliação, podendo ser aplicada para avaliar produtos e serviços diversos, como websites, hardware, sistemas multimodais, sistemas de comando de voz, aplicações móveis e sistemas clínicos (Padrini-Andrade et al., 2019). Essa ferramenta foi selecionada para este estudo devido ao seu potencial de avaliar o grau de satisfação dos usuários quanto à usabilidade de diferentes sistemas, atendendo a um dos objetivos propostos na pesquisa.

5 RESULTADOS

5.1 RESULTADO DA PRIMEIRA ETAPA DO ESTUDO: TESTES DO DISPOSITIVO-PORTAL EM INDIVÍDUOS SAUDÁVEIS

O primeiro resultado deste estudo foram os testes de funcionamento do portal e de todas as suas funcionalidades e do dispositivo (módulos) em indivíduos saudáveis. Na figura 5 é possível observar a tela de login, onde o paciente ou profissional de saúde deve inserir e-mail e senha para acessar a plataforma. Há também opções para registrar-se e recuperar senha.

À direita, um vídeo explicativo com uma profissional demonstrando um exercício no cicloergômetro (como pedalar em uma bicicleta). A esquerda existe uma descrição do portal, suas funcionalidades e importância, além de intuitivamente mostrar parte do conteúdo que os usuários podem encontrar dentro do sistema. Assim, essa etapa de login é a porta de entrada para o acesso as orientações terapêuticas, acompanhamento por fisioterapeutas e atividades direcionadas à reabilitação funcional.

Figura 5: Tela de entrada ao portal via login e senha



Fonte: A autora, 2024

A figura 6 mostra a tela de coleta de dados do portal, que permite o acompanhamento remoto da reabilitação de pacientes. Nessa interface, o profissional

de saúde pode selecionar o paciente (neste caso, Amanda Perez), a data da sessão (11 de fevereiro de 2025) e o tipo de exercício realizado, que é (Marcha Estática), porém os exercícios são selecionados de acordo com os protocolos individuais de cada paciente. A plataforma permite a conexão com um dispositivo de monitoramento, identificado para esta coleta como (Dispositivo 01), mas existe a possibilidade vários dispositivos fazendo coletas diferentes ao mesmo tempo.

O portal oferece os comandos intuitivos como, Iniciar Coleta e Parar Coleta, que controlam a captação dos dados em tempo real. Além disso, o sistema possibilita configurar o número de pacotes de dados que serão coletados, o tamanho da janela de visualização e o modo de exibição dos dados, que pode ser Histórico, mostrando registros anteriores, ou contínuo ($T=2s$), que atualiza os dados a cada dois segundos permitindo o acompanhamento em tempo real.

Abaixo dessas opções, há uma série de parâmetros fisiológicos que podem ser monitorados durante a coleta, como os dados de movimento obtidos por acelerometria, também existe a opção de visualização em alta resolução. A plataforma alerta que, sempre que alguma configuração for alterada, é necessário clicar novamente nos botões de coleta para que os dados e gráficos sejam atualizados corretamente, as funcionalidades são bem claros e objetivos, facilitando o uso do sistema, tanto para os profissionais quanto para os pacientes.

Figura 6: tela de coleta de dados do portal

SISMO/UFPE - Sistema de Monitoramento Fisioterápico de Pacientes Pós COVID-19

Dashboard Especialista Sobre nós Sair

Clique aqui e conte-nos sobre sua experiência com a plataforma

Voluntário: Amanda Perez Sessão: 2025-02-11 Exercício: Marcha Estática

Dispositivo_01 (DC-A6-32-B8-9D-35) Iniciar Coleta Parar Coleta

Número de pacotes 100 Tamanho da janela 0 Exibição Histórico

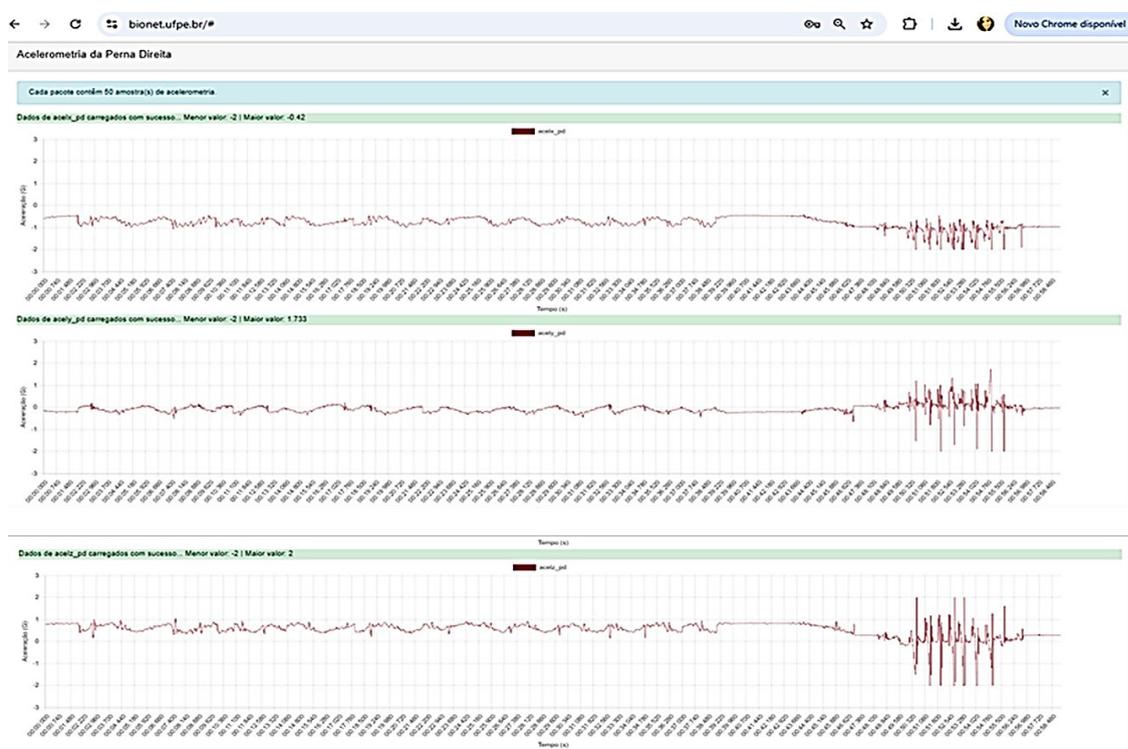
Após realizar modificações nas definições acima (paciente, sessão, exercício, número de pacotes, tamanho da janela ou tipo de exibição), é necessário clicar novamente em um dos botões abaixo para gerar o gráfico desejado.

Acelerometria Alta Resolução Giroscopia

Fonte: Arquivo pessoal da autora, 2025

Na figura 7, é exibida a tela de análise exibida no portal, referente a acelerometria da perna direita de uma voluntária durante uma sessão de fisioterapia, com o exercício de Marcha Estática, esta tela é de acesso exclusivo do Fisioterapeuta. Na tela é exibido o painel intitulado Acelerometria da Perna Direita, no qual três gráficos ilustram as acelerações registradas nos eixos X, Y e Z por meio do sensor fixado na perna da voluntária. O primeiro gráfico apresenta os dados referentes ao eixo X (acelx_pd), representados por uma linha vermelha com variações ao longo do tempo. O segundo gráfico mostra as informações do eixo Y (acely_pd), também por meio de uma linha vermelha. Por fim, o terceiro gráfico, igualmente ilustrado com linha vermelha, exibe os dados do eixo Z, complementando a análise tridimensional do movimento.

Figura 7: Tela de análise de acelerometria do portal



Fonte: Arquivo pessoal da autora, 2025

O portal também permite a realização de cadastros dos Fisioterapeutas e dos pacientes que irão utilizar o sistema. A figura 8 exibe a tela de cadastro do Fisioterapeuta no portal. A mesma tela é utilizada para exibir os cadastros dos pacientes. No topo da interface, há um menu com as opções Dashboard, Especialista,

sobre nós e sair, logo abaixo, é exibido um relatório de dados de usuários, com a data e hora da consulta, todas as consultas são previamente marcadas. A tela apresenta o cadastro de uma única usuária, contendo informações detalhadas como nome, sobrenome, CPF, e-mail, celular, senha, sexo, data de nascimento, estado civil e profissão, dados de endereço, registro do conselho e se o profissional se encontra ativo no sistema.

À esquerda de cada linha, há um botão de ação com ícone de lápis, indicando a possibilidade de editar os dados da usuária. Na parte inferior da tabela, há a indicação de que está sendo exibido 1 registro e a navegação entre páginas é feita pelos botões Anterior e Próximo, com a página 1 ativa. Essa tela tem a finalidade de permitir a visualização e gerenciamento dos dados dos profissionais cadastrados na plataforma. Sendo utilizada para visualizar e gerenciar o cadastro de usuários no sistema, permitindo consultas rápidas e acesso a informações profissionais e pessoais dos especialistas vinculados à plataforma.

Figura 8: Tela de dados cadastrais do fisioterapeuta

The figure consists of two screenshots of the SISMO/UFPE system interface. Both screenshots show a navigation bar at the top with 'Dashboard', 'Especialista', 'Sobre nós', and 'Sair'. Below the navigation bar is a button labeled 'Atualizar' and a timestamp: 'SISMO-UFPE - Relatório de dados do usuário em 2025-04-18 16:43:47'. A search bar with 'Pesquisar' and a dropdown for '10 resultados por página' is present. The first screenshot shows a table with columns: Ações, Nome, Sobrenome, CPF, E-mail, Celular, Senha, Sexo, Aniversario, Estado Civil, Profissao, and Permissão. The data row contains: a pencil icon, Amanda, Perez, 0675203740, amanda.mariac@ulpe.br, 081997504301, e10adc3949ba59abbe56e05720883e, Feminino, 1987-06-05, Casado(a), Fisioterapeuta, and Especialista. The second screenshot shows a table with columns: Credito, Titulação, Instituição, Departamento, Grupo de Pesquisa, CEP, Rua, Número, Complemento, Bairro, Cidade, Estado, País, and Status. The data row contains: 234959-F, empty cells, 54771645, Rua Alexandria, 256, empty cells, Alberto Maia, Camaragibe, PE, Brasil, and Ativo.

Fonte: A autora, 2025

A figura 9 apresenta a interface do módulo de relatórios do portal, a tela exibe os registros das sessões fisioterapêuticas realizadas, com informações organizadas em colunas que incluem: nome do paciente (com o número parcial do CPF), substituído

para o Fisioterapeuta (quando necessário), data e horário da sessão, tipo de protocolo utilizado de acordo com as necessidades de cada paciente (A1 ou A2), data de criação do registro e data da última atualização. Esses dados são importantes para o acompanhamento da evolução do paciente, também são visualizados dados de 10 sessões de atendimento, realizadas, por diferentes pacientes. O ambiente gráfico também evidencia que o sistema permite edição dos registros por meio do ícone de lápis localizado na primeira coluna da tabela.

Figura 9: Relatório de sessões fisioterapêuticas no portal

SISMO/UFPE - Sistema de Monitoramento Fisioterápico de Pacientes Pós COVID-19

Dashboard Especialista Sobre nós Sair

Atualizar Agendar

SISMO-UFPE - Relatório de Sessões em 2025-04-18 17:11:18

Total de cadastros: 217

10 resultados por página

Ações	Paciente (CPF)	Necessário Substituto	Substituto (CREFITO)	Data	Horário	Protocolo	Criado em	Atualizado em
	Admilson Chaves (06841919467)	Não		2023-03-08	16:40	Protocolo A2	2023-03-08 16:40:58.023657	2023-03-08 16:40:58.023657
	Admilson Chaves (06841919467)	Não		2023-03-09	14:00	Protocolo A1	2023-03-08 16:52:28.718939	2023-03-08 16:52:28.718939
	Amanda Perez (067520374000)	Não		2023-03-08	16:58	Protocolo A1	2023-03-08 16:56:50.330428	2023-03-08 16:56:50.330428
	paciente2 paciente (07243436447)	Não		2023-03-10	10:00	Protocolo A1	2023-03-10 12:31:13.912095	2023-03-10 12:31:13.912095

Mostrando de 1 até 10 de 85 registros

Anterior 1 2 3 4 5 ... 9 Próximo

Fonte: Arquivo pessoal da autora, 2025

As figuras 10, 11, 12 e 13 referem-se à interface do portal referentes aos dados sociodemográficos, anamnese, avaliação física, escalas e testes de avaliação. Ao passar o cursor sobre a aba especialista, um submenu é exibido com as seguintes seções: Perfil, Usabilidade, Pacientes (com subitens), Exercícios, Protocolos e Outras informações. A figura 10 mostra o início de um formulário intitulado, como, dados sociodemográficos, que tem como objetivo principal conhecer os dados socioeconômicos do paciente e de sua família, bem como informações sobre sua escolaridade e atuação. Esses dados são importantes para melhor direcionar o protocolo de reabilitação dos pacientes.

Na próxima aba, após avançar uma etapa na barra de progresso, é exibido o Questionário 2 que contém dados sobre a Anamnese, figura 11, que tem como

finalidade coletar dados clínicos relevantes para fundamentar o diagnóstico fisioterápico do paciente. O texto introdutório reforça a importância dessa coleta de dados como base do processo diagnóstico, indicando que o profissional deve registrar as informações diagnósticas obtidas até aquele momento. A figura 12 mostra a continuação do processo com o Questionário de Avaliação Física, que tem o objetivo de avaliar aspectos físicos e funcionais do paciente, fundamentando ainda mais o diagnóstico funcional assertivo e direcionado.

Por fim, a figura 13 apresenta o Questionário de avaliação do estado mental (MEEM), uma ferramenta amplamente utilizada na prática clínica para avaliar a função cognitiva de forma rápida, geralmente em cerca de 10 minutos, que faz parte das escalas e testes utilizados nas consultas. Este teste é de fácil aplicação, não requerendo materiais específicos, e pode ser usado como instrumento de triagem cognitiva, abordando domínios como orientação espacial e temporal, memória imediata e de evocação, linguagem, repetição, compreensão, escrita e outros.

Todas as telas seguem um mesmo padrão visual, com uma caixa de formulário no centro da tela exigindo os dados básicos do paciente antes do preenchimento de cada questionário. A barra de progresso, indica o avanço do profissional dentro do processo de avaliação, o que permite um acompanhamento estruturado e sequencial do paciente ao longo das etapas clínicas. Em sequência segue as figuras supracitadas respectivamente.

Figura 10: Dados dos relatórios dos pacientes

A imagem mostra a interface de um sistema web. No topo, há uma barra de navegação com o texto "SISMO/UFPE - Sistema de Monitoramento Fisioterápico de Pacientes Pós COVID-19" e links para "Dashboard", "Especialista" e "Sobre nós | Sair". Abaixo, há um formulário "Dados do Paciente" com os seguintes campos: "Nome ou CPF do paciente:" com uma lista suspensa "Selecione um paciente.", "Informe a fase de avaliação:" com uma lista suspensa "Selecione uma opção", e "Data de avaliação:" com um campo de data "dd/mm/aaaa" e um ícone de calendário. Um botão "Procurar" está no canto inferior direito do formulário. Abaixo do formulário, há uma barra de progresso com um ponto vermelho no início e outros pontos cinza. Abaixo da barra de progresso, há um formulário "Q3. Questionário de Avaliação Física" com o texto "Este questionário tem o objetivo bla bla bla" e o item "Q3.1 Peso(kg)".

Figura 11: Questionário do paciente

The screenshot shows a web browser window with the URL `bionet.ufpe.br/#`. The page title is "SISMO/UFPE - Sistema de Monitoramento Fisioterápico de Pacientes Pós COVID-19". The navigation menu includes "Dashboard", "Especialista", "Sobre nós", and "Sair". The main content area features a "Dados do Paciente" form with the following fields:

- Nome ou CPF do paciente: Seleccione um paciente.
- Informe a fase de avaliação: Seleccione uma opção.
- Data da avaliação: dd/mm/aaaa.

A "Procurar" button is located at the bottom right of the form. Below the form is a progress indicator with four steps, the first of which is highlighted in red. The next section is titled "Q2. Questionário de Anamnese" and contains the text: "Este questionário tem o objetivo a coleta de dados, para que assim possa se constituir a base do diagnóstico do paciente." The question "Q2.1 Diagnóstico clínico?" is partially visible at the bottom.

Fonte: Arquivo pessoal da autora, 2025

Figura 12: Questionário de avaliação física do paciente

The screenshot shows the same web browser window as Figure 11. The navigation menu is expanded, showing options: "Perfil", "Usabilidade", "Pacientes", "Exercícios", "Protocolos", and "Outras informações". The "Dados do Paciente" form is visible in the background. The main content area is titled "Q1. Questionário Sociodemográfico" and contains the text: "As perguntas deste Questionário têm três objetivos principais: conhecer os dados socioeconômicos e profissionais seus e de sua família, conhecer a sua avaliação sobre os seus estudos." The question "Q1.1 Com que gênero você se identifica?" is partially visible at the bottom.

Fonte: Arquivo pessoal da autora, 2025

Figura 13: Escala de Avaliação Mini Exame do Estado Mental

The screenshot displays the SISMO/UFPE web application interface. At the top, the browser address bar shows 'bionet.ufpe.br/#'. The page title is 'SISMO/UFPE - Sistema de Monitoramento Fisioterápico de Pacientes Pós COVID-19'. A navigation menu includes 'Dashboard', 'Especialista', 'Sobre nós', and 'Sair'. The main content area features a 'Dados do Paciente' form with three input fields: 'Nome ou CPF do paciente:' (a dropdown menu with 'Selecione um paciente.'), 'Informe a fase de avaliação:' (a dropdown menu with 'Selecione uma opção'), and 'Data da avaliação:' (a date picker with 'dd/mm/aaaa'). A 'Procurar' button is located at the bottom right of the form. Below the form is a progress indicator with five red dots. The second section is titled 'Q5. Questionário do Mini Exame de Estado Mental (MEEM)' and contains a descriptive paragraph: 'É o teste mais utilizado para avaliar a função cognitiva por ser rápido (em torno de 10 minutos), de fácil aplicação, não requerendo material específico. Deve ser utilizado como instrumento de rastreamento não substituindo uma avaliação mais detalhada, pois, apesar de avaliar vários domínios (orientação espacial, temporal, memória imediata e de evocação, cálculo, linguagem-nomeação, repetição, compreensão, escrita

Fonte: Arquivo pessoal da autora, 2025

Em outra aba o paciente tem acesso ao seu protocolo de reabilitação, neste estão todas as informações necessárias para a execução dos exercícios individualizados para cada atendimento. Trata-se da seção de relatório de exercícios, onde é possível visualizar uma lista detalhada dos exercícios terapêuticos cadastrados na plataforma. Na tabela exibida, encontram-se organizadas as principais informações relativas aos exercícios disponíveis, com nome, descrição e objetivo principal de cada um, seja fortalecimento, alongamento ou equilíbrio.

Cada linha corresponde a um exercício e inclui os seguintes campos: nome do exercício, descrição da sua execução e objetivo terapêutico, possíveis restrições (como tontura, pressão alta ou baixa), número de repetições e ativações recomendadas, equipamentos necessários (halteres, cicloergômetro ou nenhum equipamento), e links para vídeos explicativos, com versões masculinas e femininas. Essa organização demonstra o caráter clínico e funcional da plataforma, facilitando o acesso rápido e estruturado a protocolos terapêuticos personalizados para os pacientes em processo de reabilitação (Figura 14).

Figura 14: relatórios de exercicios do portal

SISMO/UFPE - Sistema de Monitoramento Fisioterápico de Pacientes Pós COVID-19

Dashboard Especialista Sobre nós Sair

Atualizar Cadastrar exercício

SISMO-UFPE - Relatório de Exercicios em 2025-04-21 18:03:00

Total de cadastros: 86

10 resultados por página

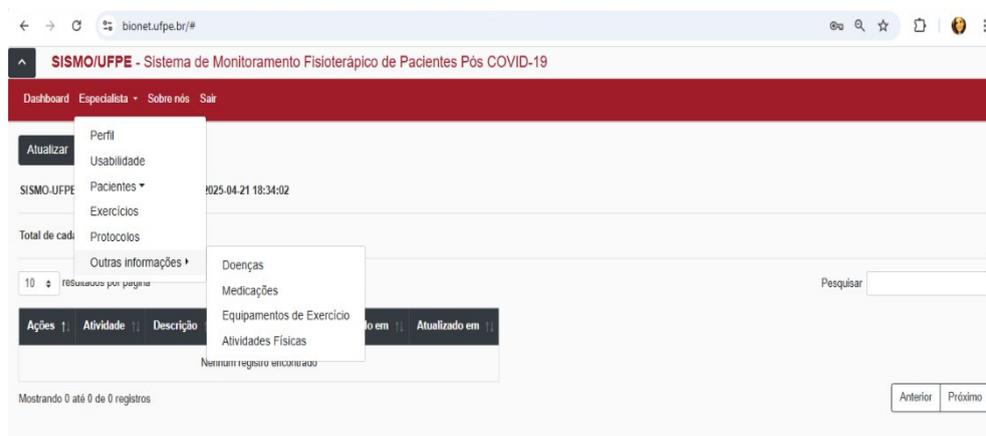
Ações	Nome	Descrição
	Exercício Supino	Consiste em realizar a abdução de ombro flexão e extensão de cotovelo para estimular a mobilidade e fortale
	Pedalar no cicloergômetro	Paciente sentado realiza pedalada com uso do cicloergometro para treinar força e mobilidade de MMII e estir
	Elevação de membros superiores com halteres	Consiste em realizar a flexão de ombro para estimular força a musculatura do músculo deltóide parte anterior

Fonte: Arquivo pessoal da autora, 2025

Na aba de protocolos do sistema, são exibidos os planos cadastrados com colunas que indicam ações (editar ou excluir), nome, descrição e lista de exercícios. Destacam-se os protocolos por fases: Fase 1, para pacientes em início de reabilitação, inclui exercícios respiratórios e de mobilidade leve; Fase 2, voltada à fase intermediária, contempla exercícios como supino e abdução de ombro; e Fase 3, para a etapa final, inclui atividades como pedalar no cicloergômetro e elevação com halteres. Essa estrutura facilita a personalização do tratamento conforme a evolução do paciente, otimizando o acompanhamento remoto.

Essa estrutura por fases permite ao profissional configurar planos de tratamento individualizados, adequando os exercícios à evolução clínica de cada paciente. A integração dos protocolos à plataforma SISMO favorece o acompanhamento remoto e contínuo da reabilitação, otimizando o processo terapêutico por meio da utilização de exercícios previamente cadastrados e alinhados às necessidades específicas de cada etapa do tratamento (figura, 15).

Figura 15: protocolos de exercícios descritos em fases no portal



Fonte: Arquivo pessoal da autora, 2025

A figura 16, mostra a interface da aba, outras informações, do sistema SISMO/UFPE, acessada pelo menu superior sob o perfil de especialista. No menu suspenso, estão listadas as opções de cadastro e visualização de dados complementares ao monitoramento dos pacientes: doenças, medicações, equipamentos de exercício e atividades físicas. A tela exibida, refere-se ao gerenciamento dessas atividades, com colunas para ações, nome da atividade, descrição, data de cadastro e data da última atualização. Essa seção permite o enriquecimento das informações clínicas e funcionais no acompanhamento remoto.

Figura 16: Tela de informações complementares do paciente

The screenshot shows the SISMO/UFPE web portal interface. The top navigation bar includes 'Dashboard', 'Especialista', 'Sobre nós', and 'Sair'. A dropdown menu is open under 'Especialista', showing options: 'Perfil', 'Usabilidade', 'SISMO-UFPE', 'Pacientes', 'Exercícios', 'Total de cad.', 'Protocolos', and 'Outras informações'. The 'Outras informações' menu is expanded, listing 'Doenças', 'Medicações', 'Equipamentos de Exercício', and 'Atividades Físicas'. Below the menu, there is a search bar and a table with columns for 'Ações', 'Protocolo', 'Descrição', and 'Exercícios'. The table shows 9 records.

Ações	Protocolo	Descrição	Exercícios
	Protocolo Admilson	Testes	Exercício Elevação de Membros Superiores, Exercício Abdução horizontal de Ombro, Exe
	Fase 1	Exercícios para pacientes em fase inicial e adaptação para reabilitação.	3 tempos inspiratório, Inspiração profunda, Exercício Elevação de Membros Superiores, E
	Fase 2	Protocolo de exercícios destinado para pacientes em fase intermediária de reabilitação fisioterapêutica.	Exercício Supino, Exercício Abdução horizontal de Ombro, Exercício Elevação Alternada d
	Fase 3	Protocolo de exercícios destinados para pacientes em fase final de reabilitação fisioterapêutica.	Pedalar no cicloergômetro, Elevação de membros superiores com halteres, Abdução horiz

Fonte: Arquivo pessoal da autora, 2025

Os testes realizados com indivíduos saudáveis nesta etapa do estudo serviram para verificar todo o funcionamento do sistema (interação do sistema com os módulos) e a partir disso realizar os ajustes necessários para o bom desempenho do mesmo. Os testes constituíram-se dos mesmos exercícios realizados com os participantes que constavam de exercícios de membros superiores e inferiores, como elevação de MMSS e marcha estática em MMII, para avaliar o comportamento do módulo fixo e vestíveis, e do portal, bem como a comunicação entre estes. Os dados obtidos foram armazenados para possíveis análises posteriores.

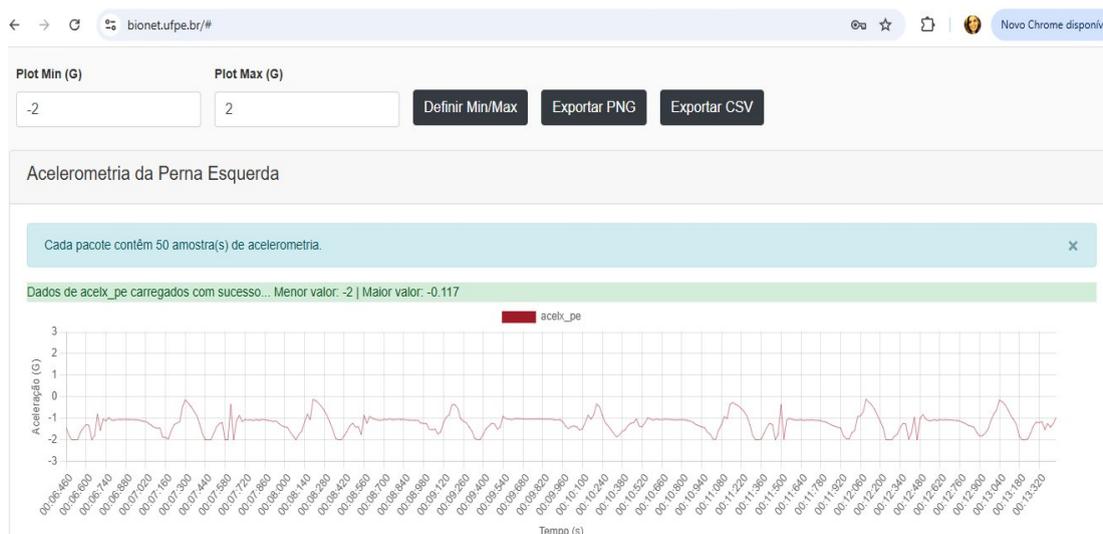
O portal/site foi desenvolvido especificamente para adquirir e plotar, em tempo real, os sinais recebidos dos módulos vestíveis, através de comunicação sem fio. Além disso, o programa possibilita o armazenamento de dados, como registros dos sinais dos acelerômetros contidos nos módulos visíveis, para avaliação durante e pós-execução das atividades. Principais funcionalidades do portal Sismo:

- Controle de sessões de exercício: o Sismo permite que os usuários iniciem, pausem e finalizem sessões de coleta de dados de forma remota, proporcionando flexibilidade e conveniência.
- Visualização em tempo real: Durante a coleta, o portal exibe gráficos interativos que representam a aceleração nos diferentes eixos de cada módulo, permitindo o monitoramento imediato dos dados.
- Exportação de dados: Os dados coletados podem ser exportados em formato CSV e em PNG, facilitando análises detalhadas e o armazenamento para registros futuros.
- Design intuitivo e acessível: O portal foi projetado para proporcionar uma experiência de navegação simples e funcional, facilitando o uso até mesmo para pessoas com pouca familiaridade com tecnologia.

A coleta de dados é iniciada através do portal Sismo (bionet.ufpe.br), que serve como interface de controle para os exercícios de coleta. O portal envia uma solicitação para a API do servidor, que inclui informações sobre a sessão de exercício e um sinal de controle denominado start coleta. Esse sinal é enviado aos módulos de aquisição, ao receber o comando start coleta, cada módulo inicia a captura dos dados dos sensores de acelerômetro. Os dados são transmitidos em tempo real para o servidor, onde são processados e podem ser visualizados em tempo real no Sismo, através de gráficos interativos. Na figura 17 é possível observar um momento de coleta de dados,

com gráficos gerados em tempo real e na figura 18 observa-se o momento em que um voluntário realizou o primeiro teste do instrumento na etapa de indivíduos saudáveis.

Figura 17: coleta de dados, com gráfico gerado em tempo real



Fonte: Arquivo pessoal da autora, 2024

Figura 18: voluntário realizando os primeiros testes de funcionamento do portal



Fonte: Arquivo pessoal da autora, 2024

Após a realização dos primeiros testes com indivíduos saudáveis, foi identificado que o sistema necessitava de alguns ajustes para otimizar tanto seu funcionamento quanto sua usabilidade. Dentre as principais melhorias implementadas, destacam-se as modificações nos módulos vestíveis e no sistema de visualização de dados em tempo real.

Com relação à usabilidade, os módulos vestíveis passaram por uma reformulação significativa. Inicialmente, esses módulos eram fixados ao corpo por meio de faixas elásticas com botões, o que, em alguns casos, dificultava a colocação e a adaptação ao biotipo de cada voluntário. Para solucionar esse problema, os módulos foram redesenhados e passaram a contar com pulseiras ajustáveis de velcro. Essa mudança proporcionou uma fixação mais segura e personalizada, garantindo maior conforto e praticidade para os participantes. O modelo anterior pode ser visualizado na Figura 19.

Figura 19: módulos vestíveis da primeira versão



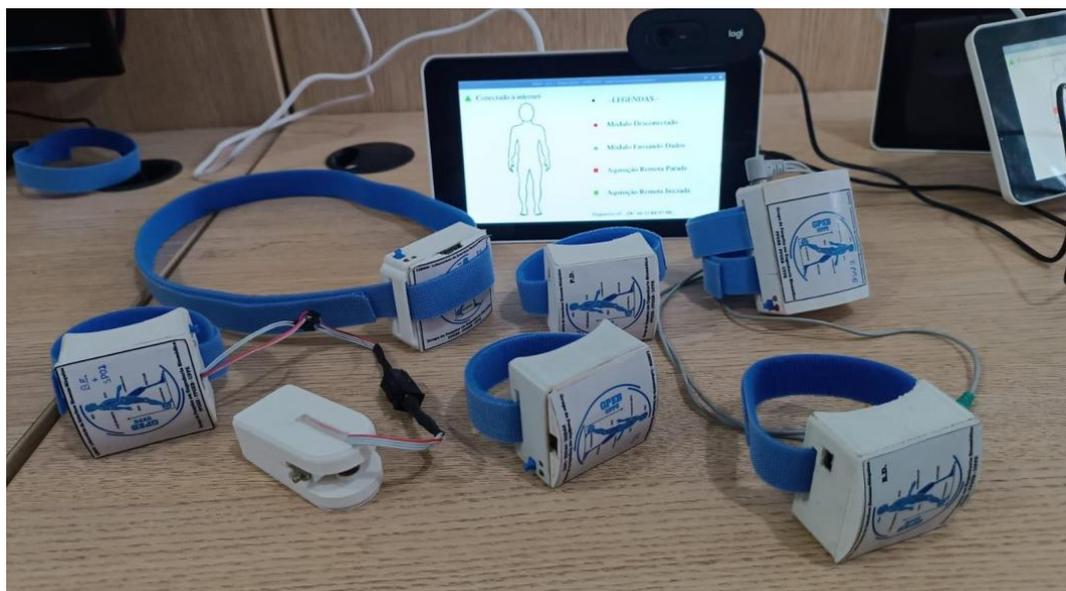
Fonte: Arquivo pessoal da autora, 2024

Além das melhorias estruturais nos módulos vestíveis, os gráficos exibidos no portal também foram aprimorados, especialmente no que diz respeito ao tempo de amostragem dos sinais em tempo real. Anteriormente, o sistema apresentava um atraso perceptível na transmissão dos dados, o que poderia comprometer a análise precisa das informações coletadas. Com as alterações realizadas, a atualização dos

sinais ocorre de maneira mais fidedigna, reduzindo o tempo de latência para um atraso mínimo de aproximadamente um segundo.

Esse tempo de resposta é praticamente imperceptível para os usuários e não interfere na plotagem dos dados. Essas atualizações foram fundamentais para aprimorar a experiência dos voluntários e garantir que o sistema forneça resultados mais precisos e confiáveis. Com essas melhorias tecnológicas, o sistema pôde ser aplicado de forma eficiente, garantindo a qualidade das análises realizadas, a nova versão dos modulos vestíveis com pulseiras ajustáveis e fechamento em velcro está representada na Figura 20.

Figura 20: nova versão dos modulos vestíveis com pulseiras ajustáveis e fechamento em velcro



Fonte: Arquivo pessoal da autora, 2025

Após a implementação desses ajustes, o sistema foi liberado para os testes com os idosos. A tecnologia permitiu o monitoramento das atividades em tempo real, apresentando atrasos mínimos de até 1 segundo em relação ao sinal original. Esse pequeno atraso pode variar conforme a taxa de comunicação da internet, mas não compromete a qualidade da transmissão dos dados. O acompanhamento das atividades foi realizado por meio da plotagem dos sinais referentes aos eixos X, Y e Z dos cinco sensores de acelerômetro e giroscópio integrados ao sistema vestível. Essa visualização em tempo real possibilitou uma análise precisa dos padrões de

movimento dos voluntários, contribuindo para uma avaliação mais detalhada da funcionalidade do sistema.

Além do monitoramento em tempo real, o sistema também permitiu a exportação dos dados para análises offline. Os registros coletados puderam ser armazenados em formato CSV, e em PNG, facilitando a realização de estudos posteriores e possibilitando a aplicação de diferentes técnicas de processamento e interpretação dos dados. Essas funcionalidades reforçam a eficiência e versatilidade do sistema.

5.2 RESULTADO DA SEGUNDA ETAPA DO ESTUDO: INDIVÍDUOS IDOSOS

Nesta etapa do estudo, foram iniciados os testes do sistema desenvolvido, utilizando os participantes previamente recrutados para a pesquisa. O principal objetivo dessa fase foi avaliar a capacidade do sistema de receber, processar e armazenar os dados provenientes dos módulos de coleta sem interrupções ou falhas, garantindo a integridade das informações. Além disso, buscou-se verificar se a análise dos gráficos gerados pelo sistema refletia com precisão as atividades realizadas pelos voluntários durante os testes.

A amostra desta fase foi composta por 23 indivíduos idosos dos quais apenas 9 permaneceram até o final do estudo. As perdas amostrais ocorreram principalmente por desistência voluntária. Os participantes que completaram o estudo eram de ambos os sexos, com idade superior a 60 anos. Entre eles, havia tanto indivíduos com comprometimentos funcionais significativos (Ex: amplitude de movimento diminuída e dor) quanto aqueles sem limitações relevantes, o que permitiu uma análise comparativa do desempenho do sistema em diferentes condições clínicas. Esta etapa foi fundamental para validar a confiabilidade e a aplicabilidade do sistema no processo de coleta e interpretação dos dados durante a reabilitação.

Durante a coleta de dados, foi aplicada uma ficha de anamnese para registrar informações sociodemográficas e clínicas, com o objetivo de caracterizar a amostra de participantes. Os dados obtidos incluíram idade, gênero, dominância dos membros, ocupação e local de residência, permitindo uma análise mais detalhada do perfil dos voluntários. Conforme apresentado na Tabela 2, o grupo de participantes foi composto por um total de nove indivíduos, sendo três do sexo masculino e seis do sexo feminino. A faixa etária observada variou entre 61 e 76 anos, evidenciando um perfil característico da amostra envolvida na pesquisa.

Tabela 2: características gerais da amostra

Participante	Idade	Gênero	dominância	Ocupação
NMJS	64	F	Destra	Servidora pública
CEMM	64	M	Destro	Servidor público
NMRN	62	M	Destro	Servidor público
ZCP	69	F	Destra	Nutricionista
ZCMC	76	F	Destra	Numeróloga
MMS	61	F	Destra	Trabalhadora do lar
LAS	67	M	Destro	Aposentado
AMPD	74	F	Destra	Aposentada
MDCD	75	F	Destra	Aposentada

Fonte: A autora, 2025

Os antecedentes pessoais e fatores de risco dos participantes também foram considerados para caracterizar a amostra por sua possível influência nos resultados do estudo. Entre os antecedentes pessoais, destacam-se diagnósticos prévios de hipertensão arterial sistêmica (HAS) e diabetes mellitus (DM). Já os fatores de risco incluem desnutrição, sobrepeso, obesidade, sedentarismo e outras condições que podem impactar a saúde e o desempenho dos indivíduos avaliados.

Observa-se que a hipertensão (HAS) e o diabetes mellitus (DM) estão presentes em alguns participantes, como ZCP, ZCMC, MMS e AMPD, enquanto outros, como NMJS, CEMM e LAS, não relataram antecedentes pessoais relevantes. Entre os fatores de risco identificados o sedentarismo foi o mais prevalente, afetando a maioria dos participantes, além disso, outras condições como excesso de peso, obesidade e desnutrição também foram observadas. Os fatores de risco e antecedentes pessoais que poderiam influenciar nos resultados do estudo, estão listados na tabela 3.

Tabela 3: antecedentes pessoais e fatores de risco

Participante	Antecedentes pessoais	Fatores de risco
ZCP	HAS e DM	Desnutrição
ZCMC	HAS e DM	Sobrepeso e sedentarismo
NMJS	-X-	Obesidade e sedentarismo
NMRN	HAS	-X-
CEMM	-X-	Sedentarismo
MMS	HAS e DM	Sedentarismo
LAS	-X-	Sedentarismo
AMPD	HAS e DM	Sedentarismo
MDCD	HAS e DM	Sedentarismo

Fonte: Arquivo pessoal da autora, 2025

Nesta etapa do estudo, foram analisados os dados de acelerometria captados pelos acelerômetros durante a realização de cada exercício proposto para os voluntários. Além disso, foram avaliadas as diferenças nos padrões de movimento, considerando as variações entre os membros e as diferenças entre os voluntários. Para demonstrar os resultados individuais de cada voluntário, nove voluntários, cujos gráficos foram examinados conforme os exercícios realizados.

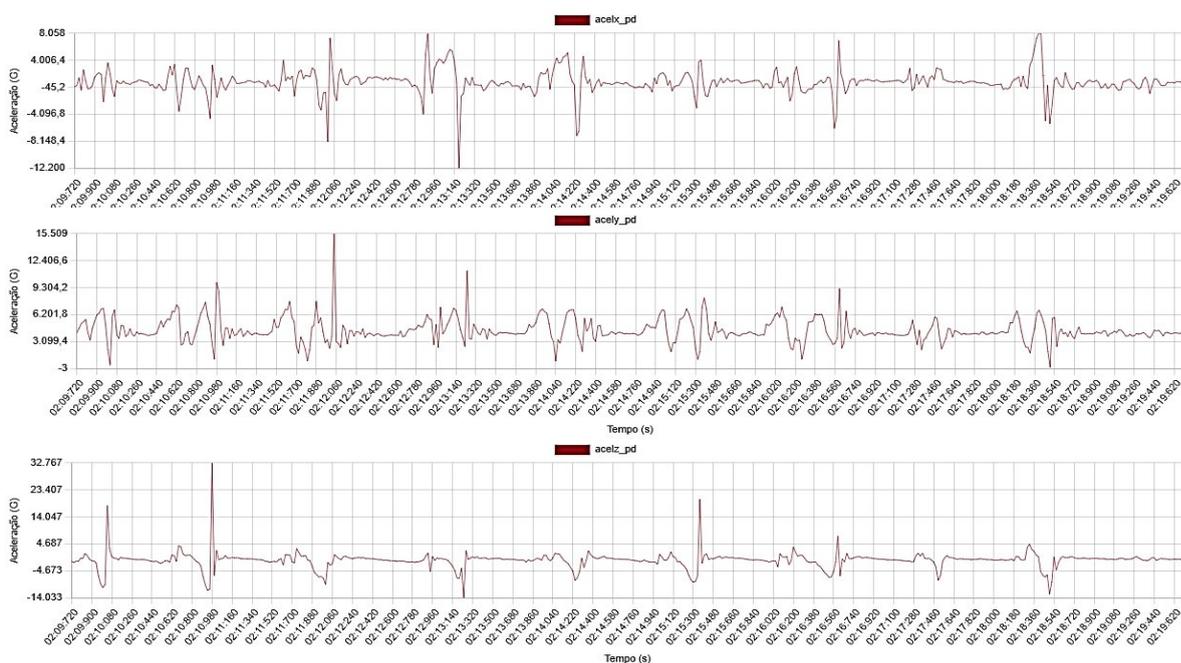
A voluntária NMJS, de 64 anos, funcionária pública, residente na cidade do Recife, relatou não apresentar Hipertensão Arterial Sistêmica (HAS) ou diabetes (DM), mas apresenta obesidade e sedentarismo como fatores de risco. Ela realiza acompanhamento com profissionais de saúde e passa por reavaliações periódicas. Possui histórico de cirurgia bariátrica e queixa-se de dores articulares devido ao processo de artrose.

Na primeira avaliação, a voluntária realizou testes de rastreio de saúde, para analisar equilíbrio, mobilidade e risco de quedas foi aplicado o TUG, enquanto a força muscular foi medida por meio da escala Medical Research Council MRC. O resultado do TUG foi de 16 segundos, considerado normal para idosos frágeis. Já na avaliação de força, a voluntária apresentou um escore de 3 nos membros superiores MMSS e 3 nos membros inferiores MMII, ou seja, a voluntária realiza o movimento ativo contra a gravidade.

Na análise da acelerometria da voluntária durante o exercício de pedalada no cicloergômetro, foram observados os três eixos, tendo o eixo X menor amplitude, em comparação aos eixos Y e Z. No eixo X, na perna direita, foi identificado um padrão rítmico no movimento de pedalada, com picos regulares que evidenciam uniformidade ao longo do tempo. Biomecanicamente, este eixo reflete predominantemente o deslocamento para frente e para trás, representando o principal deslocamento da perna durante a atividade.

O eixo Y, teve amplitudes de picos maiores que o eixo X, foram observadas variações rápidas em períodos curtos, indicando oscilações laterais. As oscilações podem ser associadas à instabilidade da voluntária, possivelmente devido à fraqueza muscular e ao excesso de peso. Esse padrão sugere movimentos compensatórios na tentativa de estabilizar o movimento. O Eixo Z, mostrou sinais ainda maiores. Esse eixo está associado ao movimento vertical (para cima e para baixo), que foi menos pronunciado durante a atividade, indicando uma baixa elevação da perna no exercício, (figura 21).

Figura 21: Exercício de pedalada coletados por meio de três acelerômetros fixados no MID



Nota: G (Aceleração); S (Tempo)

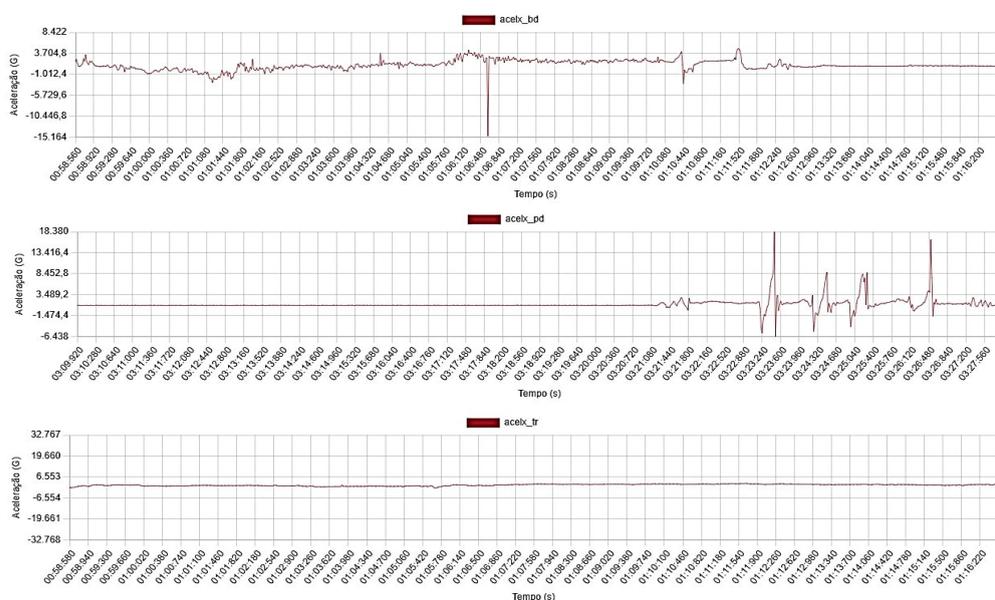
Fonte: Arquivo pessoal da autora, 2025

Ainda na análise da voluntária NMJS nos exercícios de abdução de membro superior e marcha estática, com foco no eixo X, observou-se as variações na acelerometria no Braço Direito, Perna Direita e Tronco. Durante a análise dos sinais de aceleração ao longo do tempo, observam-se comportamentos distintos em cada gráfico, correspondentes às diferentes fases dos exercícios realizados. No primeiro gráfico, que representa o movimento do membro superior direito, nota-se uma atividade contínua e relativamente controlada ao longo do tempo, com algumas oscilações leves e picos de aceleração negativos em momentos pontuais. Esses picos provavelmente refletem fases de retorno do movimento ou ajustes de posicionamento do braço durante o exercício. Há uma clara diminuição na amplitude do sinal ao final do gráfico, indicando o encerramento da atividade.

No segundo gráfico, referente ao exercício de marcha estática com o membro inferior direito, observa-se um padrão marcadamente distinto, com uma fase inicial sem atividade significativa, seguida por uma sequência de picos abruptos de aceleração. Esses picos correspondem aos momentos de contato do pé com o solo e à oscilação do movimento repetitivo da marcha no mesmo local, demonstrando uma atividade mais intensa e rítmica, embora com variações em amplitude, o que pode indicar oscilações no impacto da pisada.

Por fim, no terceiro gráfico, que representa o comportamento do tronco durante os dois exercícios, o sinal se mantém estável e com variação mínima. Isso sugere que a paciente manteve o tronco relativamente fixo e controlado durante toda a execução dos exercícios, tanto no movimento de membro superior quanto na marcha estática, o que é coerente com a execução adequada e com bom controle postural. Essa estabilidade pode indicar um bom nível de consciência corporal e controle motor, contribuindo para a segurança e eficácia dos movimentos realizados (figura, 22, na figura 23 pode-se observar a voluntária realizando o movimento de MMSS).

Figura 22: exercícios de abdução do membro superior e marcha estática, com foco no eixo X, no Braço Direito, Perna Direita e Tronco



Nota: G (Aceleração); S (Tempo)

Fonte: Arquivo pessoal da autora, 2025

Figura 23: Voluntária realizando exercício de MMSS



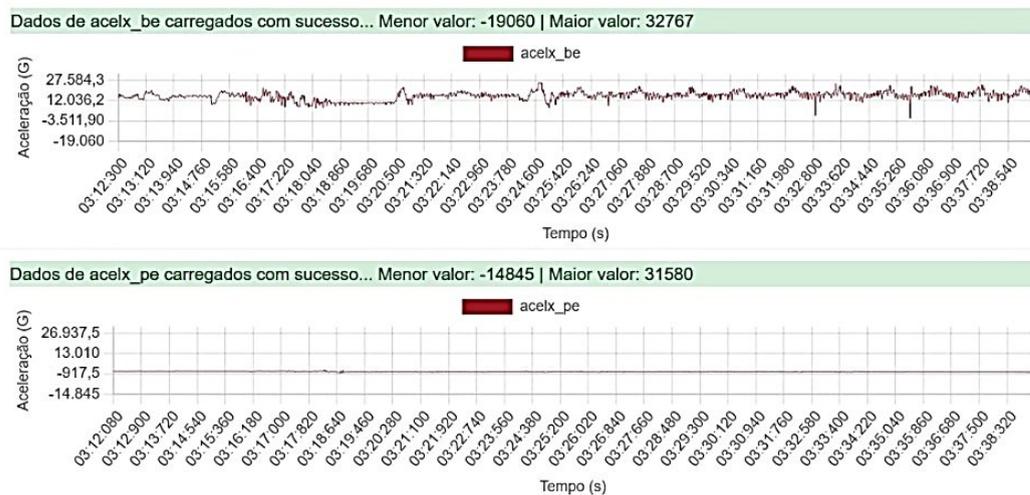
Fonte: A autora, 2025

O voluntário CEMM, 64 anos, funcionário público, residente na cidade do Recife, sem diagnóstico de HAS ou diabetes, mas considera o sedentarismo um fator de risco e realiza acompanhamento médico regular. Na primeira avaliação, foram aplicados testes para equilíbrio, mobilidade e força. O TUG resultou em 6 segundos, normal para faixa etária. Na força muscular, apresentou MRC de 5 em MMSS e 5 em MMII, força normal. A Figura 24 mostra as variações da acelerometria durante o exercício de abdução de MMSS, as acelerações foram analisadas no braço e perna esquerda do eixo x.

A análise visa observar o comportamento simultâneo dos membros durante a execução do exercício isolado, para verificar se ocorrem oscilações ou ativações involuntárias no membro que está em repouso. No gráfico correspondente ao braço esquerdo, observa-se que os dados variam com uma linha de tendência relativamente constante, porém com pequenas oscilações ao longo do tempo. Essas variações sutis sugerem que houve movimentação leve ou moderada do membro superior esquerdo. A ausência de picos abruptos ou padrões irregulares indica que não ocorreram tremores acentuados ou movimentos rápidos repetitivos.

Por outro lado, no gráfico correspondente à perna esquerda, não apresentou variações significativas, praticamente nenhuma oscilação ao longo do tempo. Essa estabilidade sugere que o membro inferior esquerdo permaneceu em repouso quase absoluto durante o intervalo analisado, com nenhuma atividade perceptível em termos de aceleração. A comparação entre os dois segmentos corporais revela que o braço esquerdo apresentou um nível de atividade superior ao da perna esquerda, o que pode ser interpretado como um indicativo de uso ou movimentação diferenciada entre os membros, tarefa realizada durante a coleta, condição clínica ou padrão motor do indivíduo. O que condiz com a atividade realizada, a figura 26 apresenta o voluntário realizando a atividade.

Figura 24: Exercício de MMSS MMII esquedos coletados por meio de 2 elerômetros



Nota: G (Aceleração); S (Tempo)

Fonte: Acervo pessoal da autora, 2025

Figura 25: Voluntário realizando o exercício de abdução de MMSS



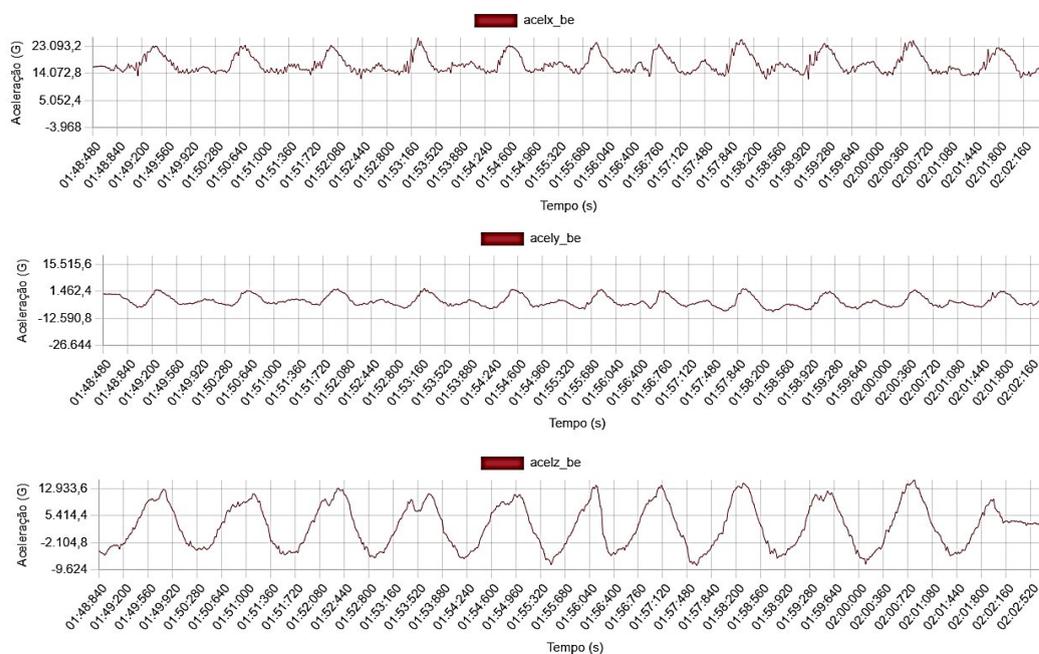
Fonte: Acervo pessoal da autora, 2025

O voluntário NMRN, 62 anos, residente em Recife e servidor público, é hipertenso, sem diagnóstico de diabetes, pratica atividade física regularmente e realiza acompanhamento médico periódico. Na primeira avaliação, foram aplicados testes para equilíbrio, mobilidade e força. O TUG resultou em 6 segundos, considerado normal para sua faixa etária. Na avaliação de força muscular, obteve MRC de 5 em MMSS e 5 em MMII, indicando grau de força considerado normal.

Durante a realização do exercício de abdução horizontal de MMSS no eixo X observou-se ativação, a amplitude médias das oscilações. Isso indica movimentos amplos e consistentes durante o movimento. A regularidade das oscilações sugere uma execução controlada e repetitiva do movimento de elevação. A maior amplitude de aceleração ao longo do tempo pode estar associada ao pico de força durante a elevação e descida controlada do braço. No Eixo Y as oscilações apresentam amplitudes menores, porém apresentando irregulares, o que pode sugerir movimentos compensatórios.

Esta pequena variabilidade pode indicar ajustes suaves para a estabilidade do movimento durante a execução. O eixo Z exibiu oscilações verticais com amplitudes com um padrão mais regular e cíclico. Essas oscilações refletem ajustes dinâmicos do braço, com amplitude consistente, sugerindo um padrão repetitivo de aceleração, conforme observado na Figura 26. Durante o teste de elevação de braço, a região analisada foi o braço esquerdo, evidenciando oscilações características do movimento. A Figura 27 mostra o voluntário NMRN realizando o exercício de abdução do MMSS esquerdo.

Figura 26: Exercício de abdução de MMSS esquerdo coletados por meio de 1 acelerometro nos três eixos



Nota: G (Aceleração); S (Tempo)

Fonte: A autora, 2025

Figura 27: Voluntário realizando o exercício de MMSS



Fonte: A autora, 2025

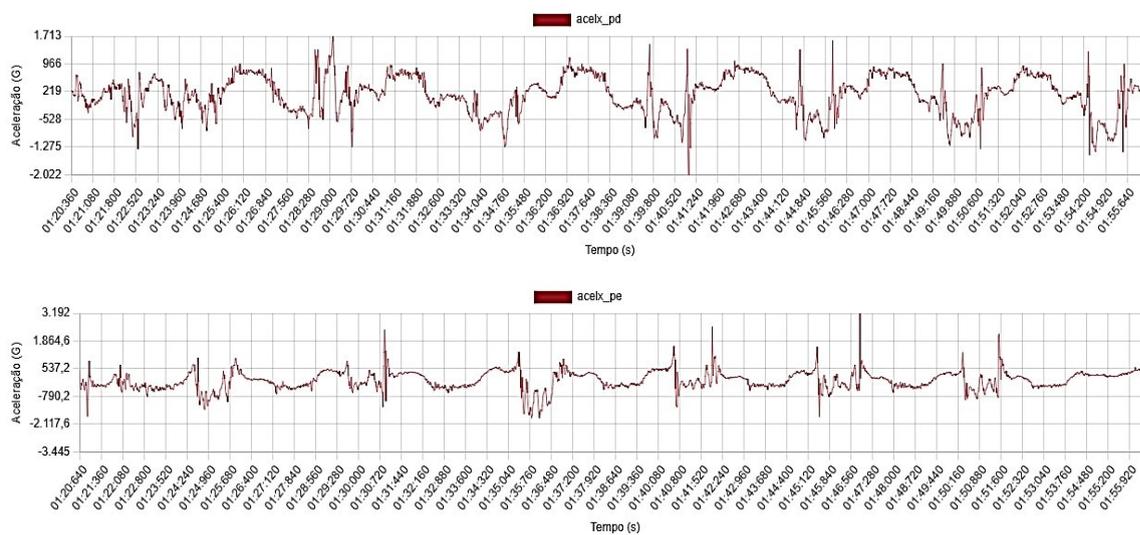
A Voluntária ZCMC, 76 anos de idade, numeróloga, residente na cidade de Camaragibe, região metropolitana do Recife, Hipertensa, relata não ter diabetes, apresenta sedentarismo e sobrepeso como fatores de risco, faz acompanhamento com profissional de saúde e realiza reavaliações de saúde periodicamente para tratar de uma artrose bilateral de joelho que cursa com muita dor articular. No primeiro encontro, durante a avaliação a voluntária relatou ainda que tem sentido muita dificuldade em realizar algumas atividades de vida diárias, como: subir e descer escadas, sentar e levantar e caminhar.

Na avaliação inicial, a voluntária realizou testes de rastreio de saúde, para analisar equilíbrio, mobilidade e risco de quedas foi aplicado o TUG, enquanto a força muscular foi medida por meio da escala Medical Research Council MRC. O resultado do TUG foi de 10,17 segundos, considerado normal para idosos frágeis, Já na avaliação de força, a voluntária apresentou um escore de 3 nos membros superiores MMSS e 3 nos membros inferiores MMII, que significa movimento ativo contra gravidade em ambos os membros.

Para a voluntária ZCMC foi realizada uma análise comparativa da acelerometria dos membros inferiores no eixo X, durante a marcha estática e foi observado que ambas as pernas exibem padrões de aceleração cíclicos e irregulares. A amplitude das variações de aceleração em ambas as pernas está em uma faixa semelhante, sem desvios extremos. Contudo a perna esquerda apresenta picos de amplitudes mais acentuados. Esses picos podem indicar maior impacto ao solo ou ajustes compensatórios durante a atividade.

Já na Perna direita ocorre um padrão de aceleração mais suave, com transições mais contínuas entre os picos, refletindo um movimento mais estável, que sugere menor necessidade de ajustes. A perna esquerda apresenta alguns picos que não estão refletidos na perna direita, indicando diferenças no comportamento biomecânico de cada perna. A perna esquerda parece realizar movimentos com maior intensidade, possivelmente para compensar uma limitação funcional ou controle reduzido do lado direito. Esses achados podem ser observados na figura 28, na figura 29 pode-se observar a voluntária ZCMC realizando o exercício de marcha estática.

Figura 28: Gráficos de acelerometria gerados a partir do exercício de marcha estática da perna esquerda e da perna direita, do eixo x, coletados por meio de um acelerômetro fixado em cada



Fonte: Arquivo pessoal da autora, 2025

Figura 29: Voluntária realizando ZCMC realizando o exercício de marcha estática



Fonte: Arquivo pessoal



da autora, 2024

A voluntária ZCP, de 69 anos, atua como nutricionista, residente em Camaragibe, região metropolitana do Recife. Ela apresenta hipertensão arterial e pré-diabetes, com o sedentarismo identificado como um fator de risco adicional. ZCP realiza acompanhamento regular com profissionais de saúde, incluindo reavaliações periódicas para monitorar sua condição clínica.

Na avaliação inicial, a voluntária realizou testes de rastreio de saúde, para analisar equilíbrio, mobilidade e risco de quedas foi aplicado o TUG, enquanto a força muscular foi medida por meio da escala Medical Research Council MRC. O resultado do TUG foi de 6 segundos, considerado normal para a faixa etária. Já na avaliação de força, a voluntária apresentou um escore de 5 nos membros superiores MMSS e 5 nos membros inferiores MMII, ambos dentro da normalidade.

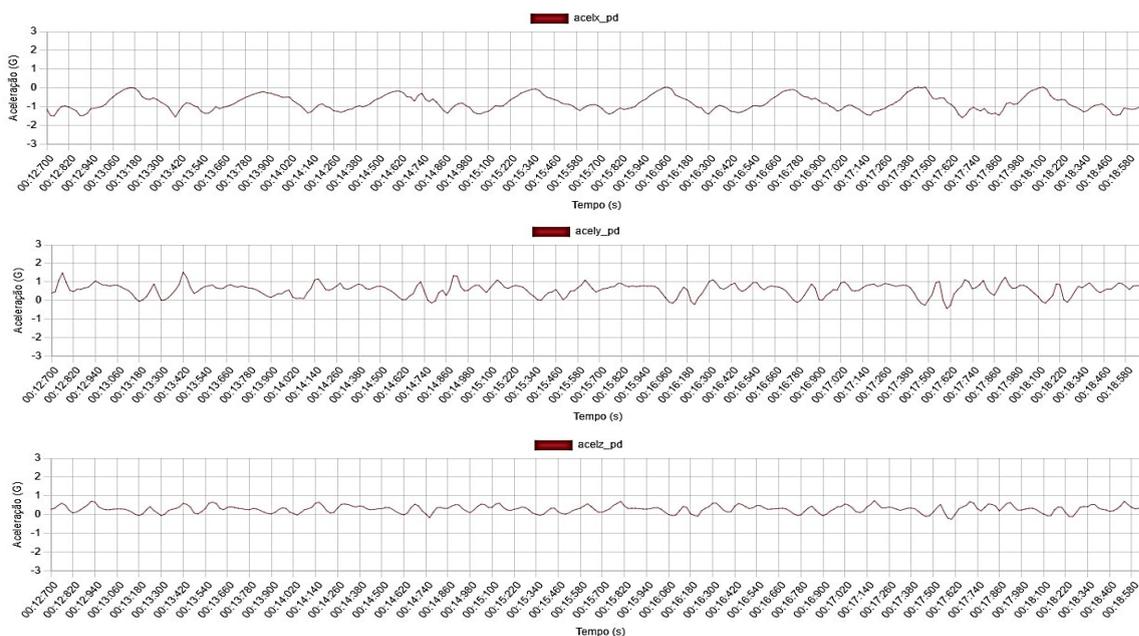
Nas análises da acelerometria durante a execução do exercício de marcha estática do eixo x, observou-se que a perna esquerda, apresentou oscilações suaves com picos específicos nas fases de contato com o solo, refletindo um padrão cíclico. Na perna direita houve um comportamento semelhante, porém com picos mais proeminentes, sugerindo uma maior variação na aceleração. A diferença na amplitude dos picos indica uma assimetria leve no padrão de marcha, não significativa, comum em idosas, podendo ser atribuído à fraqueza muscular, alterações articulares e pela dominância do membro.

Já o eixo Y da perna esquerda exibe variações levemente acentuadas, sugerindo um padrão de oscilação menos estável, porém que não reflete instabilidades importantes. A perna direita no mesmo eixo apresenta maior estabilidade em relação à perna esquerda, com picos mais definidos e consistentes. O eixo Y reflete deslocamento lateral, indicando bom controle do equilíbrio.

No eixo Z no gráfico da perna esquerda, as variações são mais suaves com picos discretos, sugerindo menor impacto ou força vertical. Já na perna direita os picos são mais destacados, indicando maior impacto ou força aplicada ao solo. O eixo Z corresponde à aplicação da força na direção vertical. Os dados indicam que a perna direita suporta maior carga, o que condiz com o fato de a voluntária ter a perna direita como membro dominante.

A análise sugere que a perna direita apresenta maior impacto e estabilidade, enquanto a esquerda exibe algumas irregularidades. Este achado é comum em indivíduos destros e em indivíduos com alterações osteomusculares unilaterais, contudo a voluntária em questão não apresenta nenhuma disfunção osteomuscular, ficando este achado atribuído a dominância do lado direito. Essas variáveis podem ser observadas nas figuras 30 e 31, a figura 32 mostra a voluntária ZCP realizando o exercício de marcha estática.

Figura 30: Gráficos de acelerometria gerados a partir do exercício de marcha estática da perna direita, coletados por meio de um acelerômetro fixado no MMIID



Fonte: Arquivo pessoal da autora, 2025

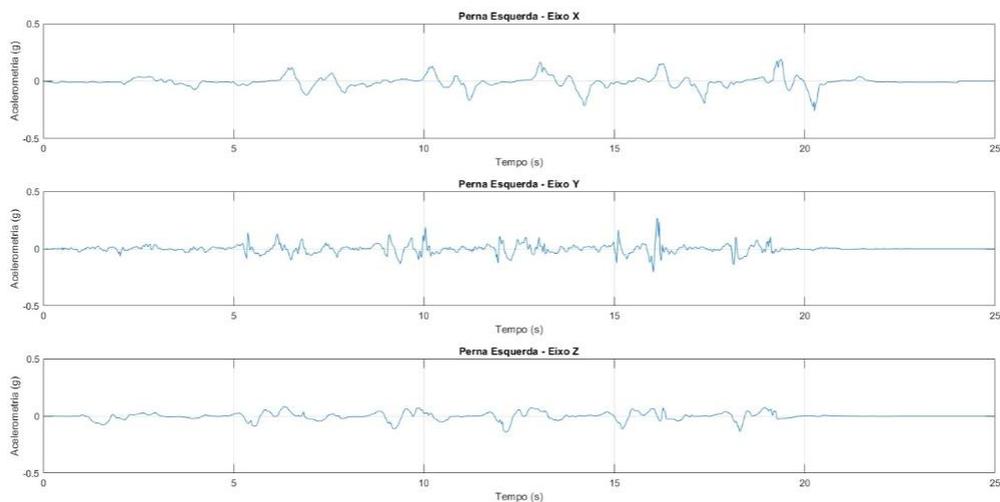
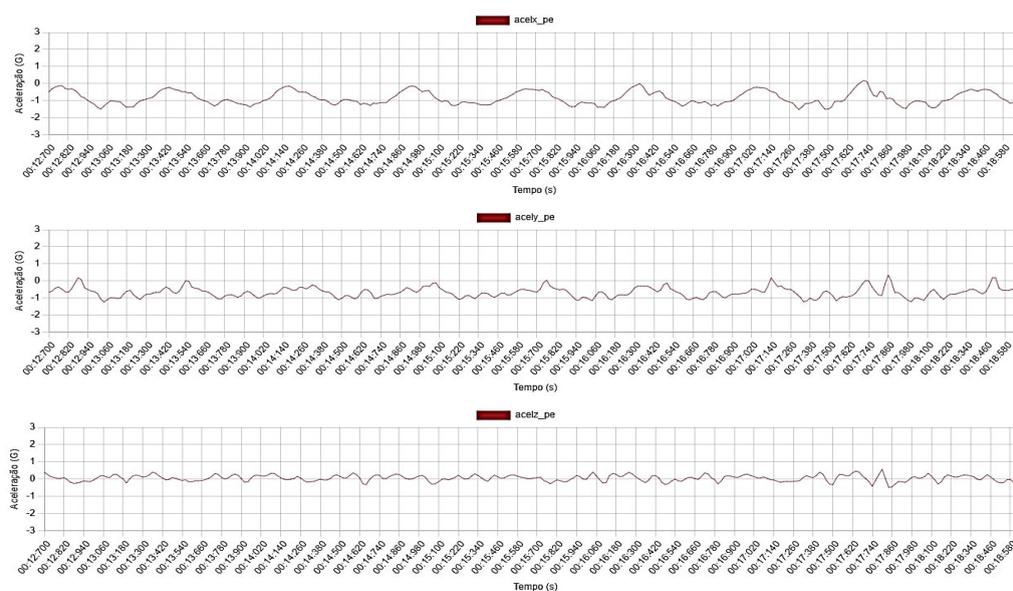


Figura 31: Gráficos de acelerometria gerados a partir do exercício de marcha estática da perna direita, coletados por meio de um acelerômetro fixado no membro inferior E



Font

e: Arquivo pessoal da autora, 2025

Figura 32: Voluntária ZCP realizando exercício de marcha estática

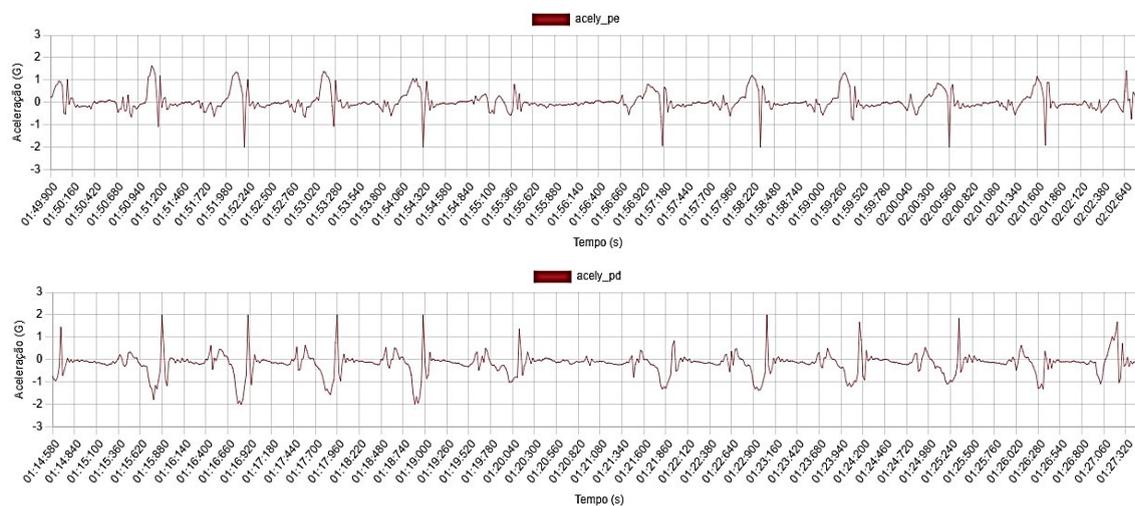


Fonte: Arquivo pessoal da autora, 2025

A voluntária AMPD, 74 anos, aposentada, reside no Recife, com diagnóstico de HAS e DM e sedentarismo, fatores que aumentam os riscos à sua saúde. No entanto, não apresenta dificuldades nas atividades diárias e realiza acompanhamento com profissionais de saúde, com reavaliações periódicas. Na avaliação inicial, realizou testes de rastreio, incluindo o TUG, que teve um resultado de 9 segundos, considerado adequado para sua faixa etária. A força muscular foi avaliada pela escala MRC, com escores de 5 nos MMSS e 5 MMII, ambos dentro da normalidade, reforçando que, apesar das comorbidades, mantém bom desempenho físico, sem comprometimentos na força e mobilidade.

O exercício selecionado para esta voluntária foi a marcha estática, nas análises da acelerometria no eixo Y, houveram variações em ambas as pernas, com padrões semelhantes, picos regulares, o que sugere um ciclo de marcha coordenado. No entanto, a perna direita apresenta picos mais acentuados, o que pode indicar uma diferença nas oscilações laterais no momento do contato do pé com o solo comparada à perna esquerda que demonstrou oscilações mais suaves. A repetição dos picos sugere um ritmo de marcha estável, com pequenas variações que podem refletir ajustes naturais do corpo, ou a dominância do lado (Figura 33). Já a Figura 34 mostra a voluntária executando a atividade de marcha estática.

Figura 33: Gráficos de acelerometria do eixo y, gerados a partir da comparação das acelerações da perna direita e esquerda durante uma atividade de caminhada



Fonte: A autora, 2025

Figura 34: exercício de caminhada de 3 metros da voluntária AMPD



Fonte: Arquivo pessoal da autora, 2025

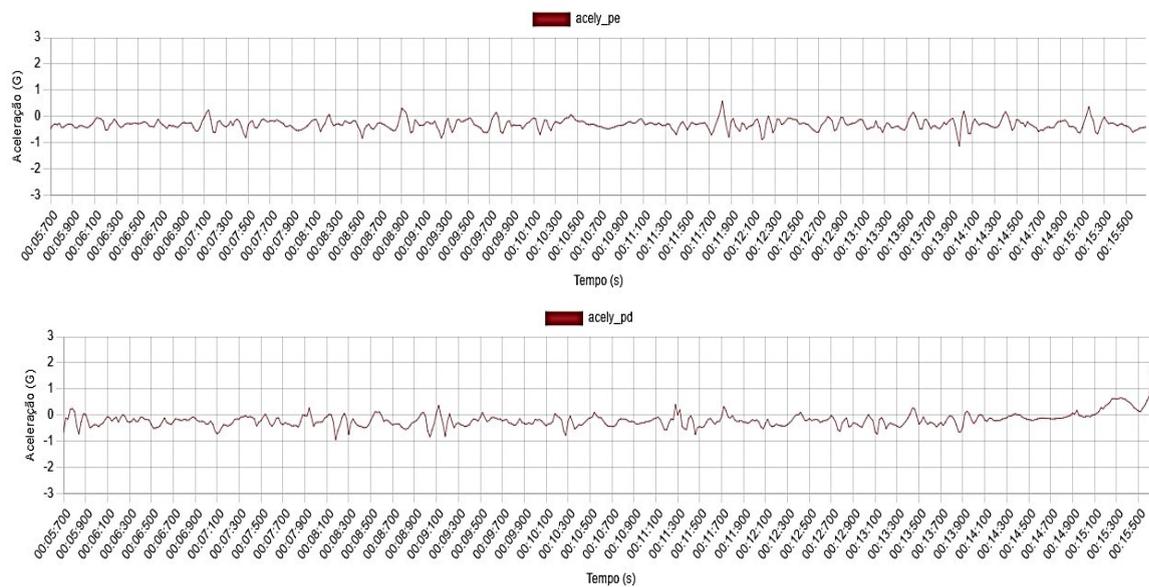
O voluntário LAS, 67 anos, aposentado, residente em Camaragibe, hipertenso, diabético e sedentário como fatores de risco. Contudo, o voluntário apresenta bom estado físico geral, sem déficits de equilíbrio ou risco de quedas. Na avaliação inicial, o voluntário realizou testes de rastreio de saúde, para analisar equilíbrio, mobilidade e risco de quedas foi aplicado o TUG, enquanto a força muscular foi medida por meio da escala Medical Research Council MRC.

O resultado do TUG foi de 8 segundos, considerado normal para a faixa etária. Na análise de força, a voluntária obteve um escore de 5 nos MMSS e 5 nos MMII, valores considerados dentro da faixa de normalidade. O participante informou que não realiza acompanhamento com profissionais de saúde, para monitoramento de sua condição de saúde, buscando atendimento apenas quando necessário.

A análise da acelerometria do eixo Y, no exercício de caminhada revelou que os sinais das pernas esquerda e direita apresentam padrões de aceleração alternados e subsequentes ao longo do tempo, indicando uma marcha simétrica. A amplitude das oscilações não evidenciou ajustes que sugerissem déficits de equilíbrio ou motores. Além disso, o ritmo da marcha manteve-se consistente, sem grandes variações entre os passos. Os picos de aceleração ocorreram em intervalos previsíveis, demonstrando uma cadência estável. As pequenas variações observadas indicaram ajustes posturais naturais do corpo.

Observou-se ainda que ambas as pernas apresentam padrões semelhantes, sem compensação ou sobrecarga unilateral, a ausência de picos irregulares indica mobilidade e equilíbrio preservados. A alternância regular entre os picos indica uma transição suave entre os passos. A estabilidade da aceleração demonstra que o voluntário possui aspectos de funcionalidade dentro do esperado. A análise do gráfico confirma a normalidade do movimento, alinhando-se à avaliação clínica, supracitada (figura 35). A figura 36 apresenta o idoso realizando o exercício de caminhada.

Figura 35: Gráficos de acelerometria do eixo y, gerados a partir da comparação das acelerações das pernas direita e esquerda durante uma atividade de caminhada de 3 metros em um idoso



Fonte: Arquivo pessoal da autora, 2025

Figura 36: Exercício de caminhada de três metros do voluntário LAS



Fonte: Arquivo pessoal da autora, 2025

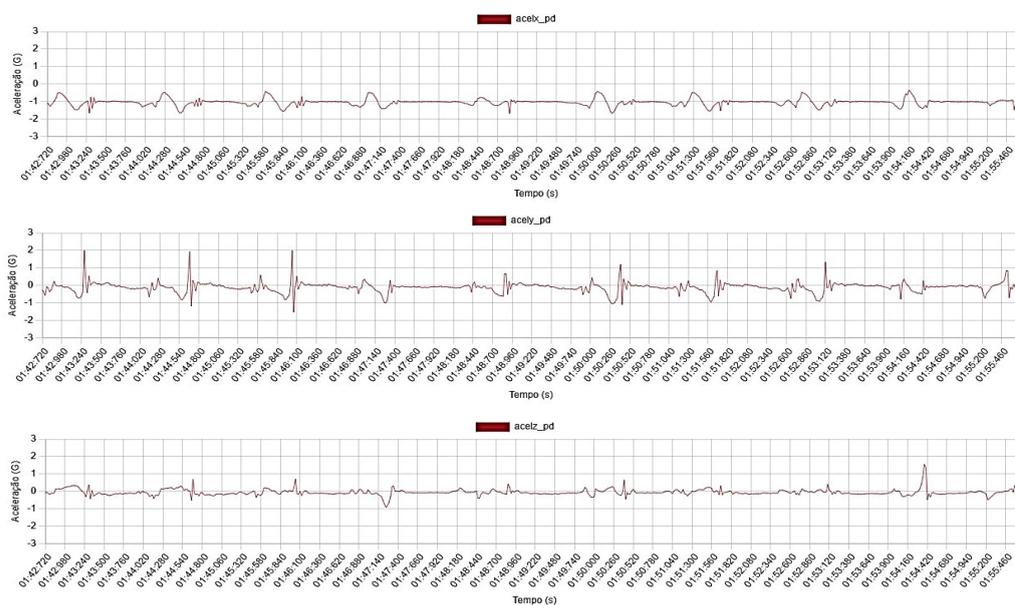
A voluntária MDCD, 75 anos, aposentada, residente na cidade do Recife. Apresenta comorbidades, incluindo hipertensão arterial e diabetes mellitus, além de sedentarismo que representam fatores de risco adicionais à sua saúde. A participante realiza acompanhamento contínuo com profissionais de saúde, submetendo-se a reavaliações clínicas periódicas para monitoramento de sua condição clínica. Quanto às atividades de vida diárias a mesma relata não ter dificuldades.

Na primeira avaliação, a voluntária realizou testes de rastreio de saúde para analisar equilíbrio, mobilidade, força e risco de quedas. Para isto foi aplicado o teste TUG, enquanto a força muscular foi medida por meio da escala Medical Research Council MRC. O resultado do TUG foi de 9 segundos, um tempo adequado para sua faixa etária. Já na avaliação de força, a voluntária apresentou um escore de 4 nos MMSS e 4 nos MMII, realizando o movimento ativo e contra a resistência.

A análise comparativa dos gráficos de aceleração das pernas esquerda e direita durante a caminhada revela um padrão de marcha levemente assimétrico, com sinais de instabilidade lateral. A perna esquerda apresenta maior oscilação no eixo X, sugerindo um papel mais ativo na propulsão, enquanto a perna direita exibe menor variação nesse eixo, o que pode indicar uma menor participação no impulso da marcha. No eixo Y, ambos os membros mostram picos irregulares, sugerindo ajustes posturais frequentes e instabilidade lateral ao caminhar. Esses padrões podem refletir esforços compensatórios para manter o equilíbrio, comuns em idosos que tendem a adaptar sua marcha para garantir segurança.

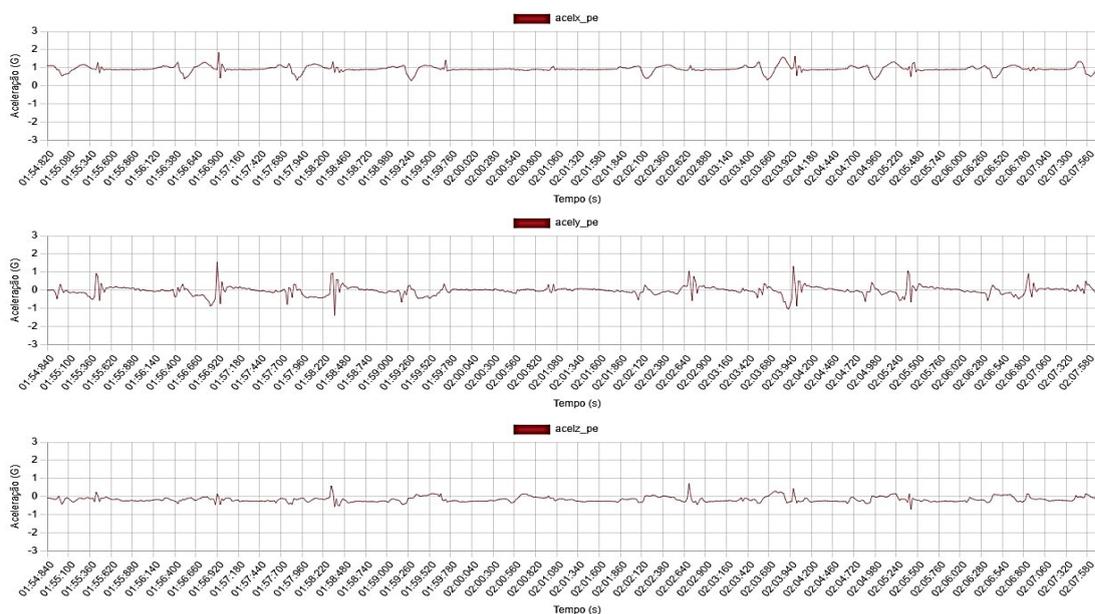
Por fim, o eixo Z apresenta um padrão semelhante entre as duas pernas, com variações suaves e de baixa amplitude, indicando um contato com o solo controlado, sem impactos bruscos. Esse comportamento sugere uma marcha cuidadosa, possivelmente para evitar quedas. Os dados indicam uma caminhada assimétrica, com sinais de instabilidade, características compatíveis com o processo de envelhecimento. Nas figuras 37 e 38 pode ser observados os gráficos e na figura 39 a participante realizando a caminhada.

Figura 37: Gráficos de acelerometria dos eixos, x, y e z, gerados a partir do exercício de caminhada



Fonte: Arquivo pessoal da autora, 2025

Figura 38: Gráficos de acelerometria dos eixos, x, y e z, gerados a partir do exercício de caminhada de três metros



Fonte: Arquivo pessoal da autora, 2025

Figura 39: Voluntária MDCD realizando o exercício de caminhada



Fonte: Arquivo pessoal da autora, 2025

A voluntária MMS, 61 anos, trabalhadora do lar, residente na cidade de Camaragibe, apresenta hipertensão, diabetes, sedentarismo e sobrepeso como fatores de risco. Sofre com dores articulares devido à artrose avançada e investiga possível fibromialgia. A voluntária sofre com dores articulares importantes devido a artrose avançada, recentemente está investigando a possibilidade de fibromialgia. Realiza acompanhamento contínuo e reavaliações clínicas periódicas para monitoramento de sua condição clínica. Relata grande dificuldade em suas atividades diárias devido às dores persistentes.

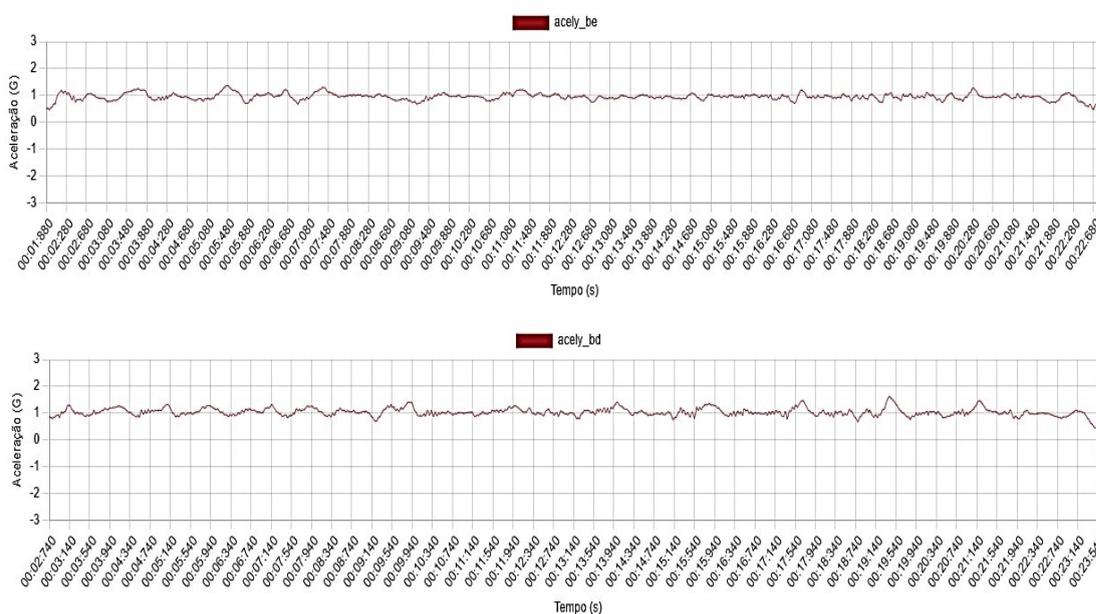
Na primeira avaliação, a voluntária realizou testes de rastreio, para analisar equilíbrio, mobilidade e risco de quedas foi aplicado o TUG, enquanto a força muscular foi medida por meio da MRC. O resultado do TUG foi de 15 segundos, considerado normal para idosos frágeis. Já a avaliação de força, apresentou escore de 3 nos MMSS e 3 nos MMII, ou seja, a voluntária realiza o movimento ativo contra a gravidade. Para esta voluntária foram selecionados os exercícios de abdução de MMSS e caminhada.

A análise dos gráficos de aceleração no eixo Y dos membros superiores, durante a execução do exercício de abdução horizontal, evidencia diferenças sutis entre os MMSS. Considerando que o eixo Y representa o deslocamento lateral dos

membros componente diretamente relacionado ao plano de movimento envolvido na abdução horizontal, os dados permitem avaliar a simetria da execução motora. O sinal referente ao braço esquerdo apresenta uma trajetória mais regular, com menor amplitude e ausência de picos acentuados, o que pode indicar uma execução de menor intensidade, possivelmente associada a limitação de amplitude de movimento ou a uma estratégia mais cautelosa por parte da participante.

Já o membro superior direito, apresenta maior variabilidade no sinal, sugerindo uma movimentação ligeiramente mais ampla e dinâmica. Este padrão pode estar relacionado a maior esforço muscular, mecanismos compensatórios ou leve desequilíbrio na coordenação motora, embora as diferenças observadas entre os lados não sejam significativas, a assimetria registrada pode estar associada à dominância lateral do membro superior direito, característica comum em tarefas motoras, mas também pode refletir uma possível restrição de mobilidade no lado esquerdo, fato que corrobora com informações colhidas na avaliação da participante (figura, 40) A figura 41 demonstra a voluntária realizando o exercício.

Figura 40: Gráficos de acelerometria do eixo Y, gerados a partir do exercício de abdução de MMSS



Fonte: Arquivo pessoal da autora, 2025

Figura 41: Voluntária MMS realizando o exercício de abdução de membro superior



Fonte: Arquivo pessoal da autora, 2025

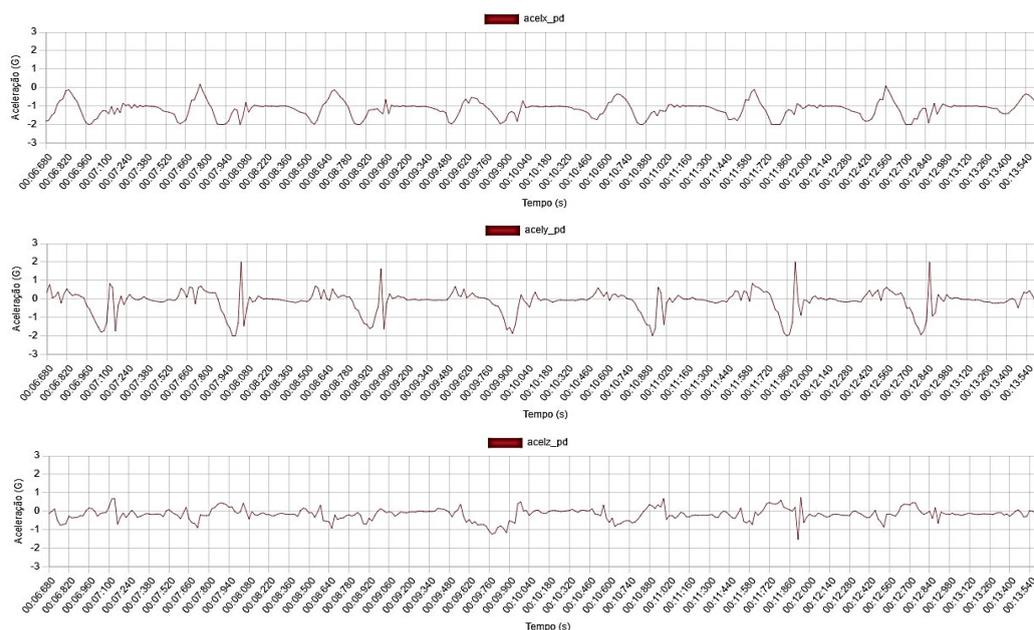
Para a voluntária MMS também foram analisados os gráficos referentes as pernas esquerda e direita durante a execução de um exercício de caminhada, a fim de verificar se existe diferença no padrão de caminhada de ambas as pernas, nos três eixos. A análise dos sinais de aceleração obtidos durante a marcha da participante revelou padrões distintos entre os membros inferiores nos três eixos avaliados. No eixo X, ambos os lados apresentaram um padrão cíclico e ritmado. Observou-se que a amplitude dos picos foi ligeiramente maior na perna esquerda, o que pode indicar uma maior amplitude de movimento ou uma propulsão mais acentuada neste lado.

Já a perna direita mostrou-se mais suave e com menor amplitude, sugerindo uma movimentação mais contida, que pode refletir menor mobilidade ou força propulsiva. No eixo Y, foi identificado a maior variabilidade em ambas os membros, porém com picos mais acentuados na perna esquerda. Essa característica pode estar associada a pequenas instabilidades ou desvios laterais ao longo da marcha. A perna direita, por sua vez, demonstrou um padrão mais estável, com menor amplitude de variação, o que pode indicar que a participante exige menos deste membro durante a marcha.

Por fim, o eixo Z, também mostrou padrões regulares em ambos os lados,

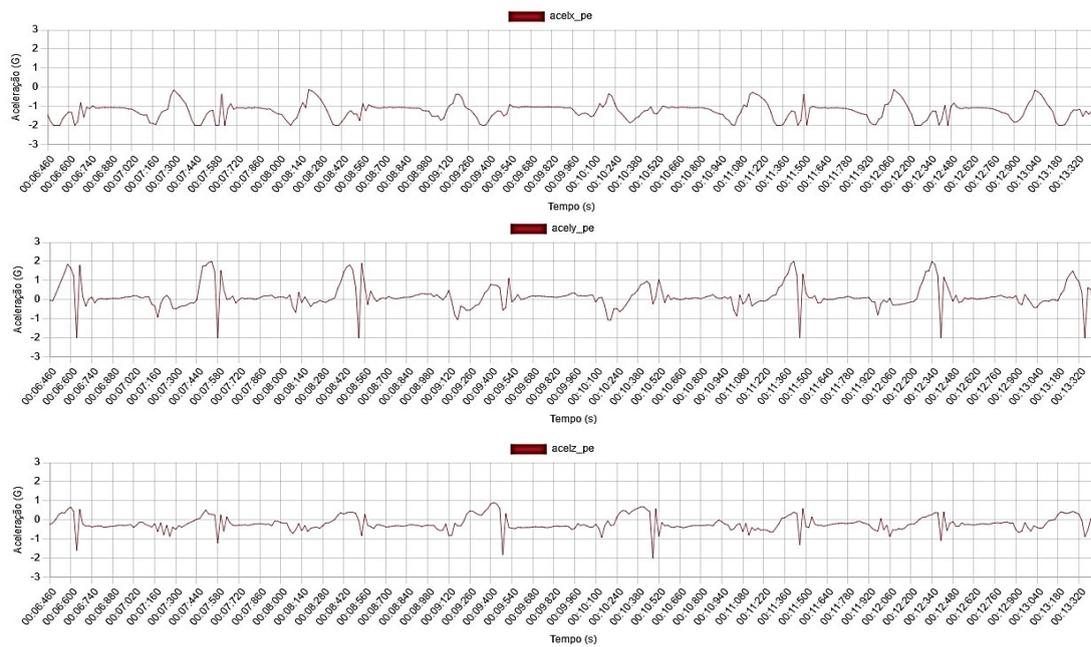
compatíveis com os ciclos da marcha. Entretanto, a perna esquerda apresentou picos levemente mais acentuados ao longo do gráfico, sugerindo possíveis assimetrias no controle do impacto do pé com o solo, sugerindo compensação na distribuição de força durante o contato do pé com o solo, sendo o membro inferior esquerdo o que aguenta mais impacto e que serve como suporte para o membro inferior direito, (figura, 42 e 43). Esses achados corroboram com as informações colhidas da voluntária, que relatou que sente mais dor no MMIID, logo ela compensa com o MMIE, na figura 44 pode ser visualizada a voluntária realizando o exercício.

Figura 42: Gráficos de acelerometria da perna direita dos eixos x, y e z, gerados a partir do exercício de caminhada



Fonte: Arquivo pessoal da autora, 2025

Figura 43: Gráficos de acelerometria da perna esquerda dos eixos x, y e z, gerados a partir do exercício de caminhada



Fonte: Arquivo pessoal da autora, 2025

Figura 44: Voluntária MMS realizando o exercício de caminhada



Fonte: Arquivo pessoal da autora, 2025

5.3 ANÁLISE DOS QUESTIONÁRIOS SUS

Participaram da intervenção nove indivíduos idosos, sendo três do sexo masculino e seis do sexo feminino, todos com dominância motora à direita. Todos os participantes foram avaliados previamente e realizaram os exercícios propostos. Antes do início das atividades, foram aplicados o teste Timed Up and Go (TUG) e a escala de força muscular do Medical Research Council (MRC), com o objetivo de identificar possíveis riscos de queda ou lesões. Os resultados médios obtidos nesses testes estão apresentados na Tabela 4 a seguir.

Tabela 4: Características gerais dos voluntários da amostra

Participante	TUG	MRC MSD	MRC MSE	MRC MID	MRC MIE
ZCP	6s	5	5	5	5
ZCMC	10s	4	4	3	3
NMJS	16s	3	3	3	3
NMRN	6S	5	5	5	5
CEMM	6s	5	5	5	5
AMPD	9s	5	5	5	5
LAS	9s	5	5	5	5
MMS	15s	3	3	3	3
MDCD	10s	4	4	4	4
Média	9,6	4,3	4,3	4,2	4,2
Desvio padrão	3,7	0,86	0,86	0,97	0,97

Fonte: A autora, 2025

Após utilizarem o dispositivo os participantes responderam ao questionário SUS, com o objetivo de avaliar o sistema de reabilitação nas seguintes características: facilidade de uso, necessidade de auxílio profissional ao usá-lo, e as inconsistências ocorridas no funcionamento do dispositivo durante o uso (BROOKE, 2013). A voluntária ZCP, e a voluntária ZCMC pontuaram o SUS com nota, 65, classificando o sistema como mediano, já o voluntário NMRN, pontuou o SUS com nota 80, o que classifica o sistema como excelente, já os voluntários NMJS, APFN e CEMM, classificaram o sistema com nota maior de 86, o que classifica o sistema como melhor impossível. A tabela 5 apresenta os valores do SUS, de acordo com as classificações dos voluntários que utilizaram o sistema, bem como a média e o desvio padrão.

Tabela 5: valores do método de avaliação do questionário SUS

Participante	SUS
ZCP	65
ZCMC	65
NMJS	100
NMRN	80
CEMM	100
MDCD	57,5
LAS	62,5
MMS	45
AMPD	67,5
Média	73,95
Desvio padrão	19,3

Fonte: A autora, 2025

O questionário SUS utilizado neste estudo teve como objetivo avaliar a facilidade de uso, a sensação de segurança durante a sua utilização e possíveis inconsistências no funcionamento do dispositivo ao longo das atividades realizadas.

A pontuação individual fornecida pelos participantes foi analisada com base na média dos valores obtidos, resultando em 73,95. De acordo com a escala de avaliação do SUS, esse valor indica que o sistema foi considerado “útil”.

6. DISCUSSÃO

Apesar da existência de vários estudos sobre a influência de comorbidades como a obesidade, artrose e o sedentarismo na biomecânica do movimento, não foram encontrados na literatura estudos específicos que analisem a acelerometria em uma população de idosos com obesidade, artrose e sedentarismo como podemos observar nos casos das voluntárias NMJS, ZCMC e MMS. Ainda que a acelerometria seja um instrumento frequentemente utilizado para o monitoramento da marcha e do movimento em pessoas com alterações musculoesqueléticas, são limitados os estudos sobre o comportamento biomecânico durante as atividades apresentados neste estudo, sobretudo com indivíduos que apresentam comorbidades (Silva et al, 2018).

Contudo as análises dos dados das voluntárias são consistentes com o que se sabe sobre os efeitos da obesidade, artrose e sedentarismo na biomecânica do movimento. A fraqueza muscular, as limitações articulares e a dor articular devido à artrose podem influenciar nos padrões de movimento observados. As alterações biomecânicas da marcha em indivíduos obesos e que com artrose sugerem que esses indivíduos apresentam maior instabilidade na marcha e no equilíbrio, (Restuccia et al, 2022; Silva et al, 2018). o que corrobora com as análises da acelerometria das voluntárias NMJS, ZCMC e MMS, observadas neste estudo que indicam uma

compensação de movimentos devido ao peso excessivo à fraqueza muscular e a dor.

Já os dados obtidos a partir da avaliação dos voluntários CEMM, NMRN e do voluntário LAS por meio de acelerometria indicam uma boa consistência na execução dos movimentos durante os diferentes exercícios realizados. Observou-se um padrão na variação da aceleração dos segmentos corporais analisados, refletindo diferenças nas fases de cada movimento, como oscilações rítmicas na perna durante a pedalada e durante a caminhada e oscilações controladas no braço durante o exercício de elevação do membro superior.

Michaelsen (2013) avaliou indivíduos com hemiparesia utilizando acelerometria para identificar alterações nos movimentos de alcance e preensão, e descobriu que o membro parético apresentou movimentos mais lentos e com maior tempo de desaceleração. Ao comparar esses achados com os dos voluntários CEMM, NMRN e LAS, observa-se que, mesmo na ausência de sequelas motoras associadas a um AVC, o padrão de movimentos captados pelo acelerômetro revela características

semelhantes em termos de regularidade e amplitude dos movimentos. Quando comparados, os membros dominantes se mostraram mais rápidos e com maior impacto em relação aos não dominantes, o que reforça o potencial dessa ferramenta para análises cinemáticas (Bednarski, 2024).

Os resultados deste estudo confirmam a eficácia da acelerometria, evidenciando sua capacidade de quantificar padrões de movimento de forma precisa. Sua aplicação se mostra viável em diversos contextos clínicos e funcionais. A comparação entre os padrões observados nos voluntários e aqueles em indivíduos com comprometimentos motores destaca a habilidade da acelerometria em identificar alterações sutis e fornecer dados quantitativos confiáveis. Esses achados reforçam os benefícios da ferramenta, já mencionados por Souza (2019), para avaliações mais detalhadas e objetivas de distúrbios motores.

As análises da marcha das voluntárias ZCP, MDCD e AMPD, baseada na aceleração triaxial dos membros inferiores, revelou uma leve assimetria nos padrões de movimentação. O padrão encontrado é semelhante ao descrito no estudo de Oliveira et al. (2019), que avaliou o índice de simetria bilateral de idosos durante a marcha. No estudo, foi identificado que a assimetria tende a se manter constante, mesmo com o aumento da velocidade da marcha. No caso das voluntárias ZCP, MDCD e AMPD, a diferença de amplitude nos picos de aceleração entre os membros sugere que a perna direita exerce maior força de propulsão, um achado coerente com a dominância do lado direito apresentada pelas mesmas.

A assimetria observada entre as pernas direita e esquerda foram evidenciadas através das oscilações apresentadas na acelerometria, a perna direita demonstrou maior estabilidade durante os movimentos em comparação à perna esquerda. Esses achados se assemelham aos relatados no estudo de Souza. (2019) que analisou a variação da acelerometria na marcha de pacientes com Parkinson e apontou que as oscilações nos eixos dos acelerômetros podem estar relacionadas a alterações musculoesqueléticas ou ao padrão individual de marcha. Contudo, as voluntárias ZCP e AMPD não apresentam disfunções osteomusculares relevantes, sendo plausível que essa diferença esteja relacionada à dominância do membro.

Na análise da perna direita foi observado maior impacto, o que pode ser justificado pelo fato de que a perna dominante frequentemente é capaz de suportar mais carga durante a fase de apoio da marcha. Esse padrão foi descrito no estudo de Oliveira et al. (2019), onde a simetria na distribuição da força vertical foi utilizada como

indicador de eficiência da marcha. O estudo também sugere que a assimetria leve pode ser resultado de ajustes neuromusculares para manter a estabilidade postural.

Dessa forma, os achados da pesquisa corroboram com os estudos analisados ao indicar que pequenas diferenças na aceleração dos membros podem ser consideradas normais em idosos, especialmente em função da dominância motora. Além disso reforçam que a acelerometria é uma ferramenta importante na avaliação de funções e atividades motoras em diferentes populações e ambientes.

O portal (SISMO) de Monitoramento fisioterapêutico desenvolvido, constitui uma plataforma inovadora de reabilitação remota. O portal possibilita o monitoramento remoto e a análise precisa de parâmetros funcionais a partir da coleta de dados cinemáticos por meio da acelerometria. Esses dados são integrados a uma interface digital e a um banco de dados que permite a avaliação e o acompanhamento de consultas fisioterapêuticas remotas. O desenvolvimento do portal representa uma resposta tecnológica e científica à crescente demanda por intervenções fisioterapêuticas acessíveis, contínuas e baseadas em evidências.

Até o momento, não foram identificadas na literatura ferramentas que reúnam, de forma integrada, os recursos desenvolvidos nesta pesquisa. As plataformas existentes geralmente se concentram em objetivos específicos únicos, como a reabilitação remota ou o monitoramento por acelerometria. Dentre os principais diferenciais do portal em relação a outras plataformas, como o RehabNet (Vourvopoulos et al., 2013), destaca-se a integração entre um prontuário clínico eletrônico completo e os dados coletados por sensores de movimento durante as consultas.

O portal (SISMO) permite o registro e armazenamento simultâneo dos sinais dos acelerômetros, juntamente com os dados clínicos e funcionais relevantes, como dados sociodemográficos, exames, escalas e protocolos de avaliação. Essa integração favorece a continuidade do tratamento, possibilitando a análise dos dados ao longo do tempo, característica ainda pouco observada em plataformas comerciais voltadas para reabilitação remota.

Outro aspecto de relevância do portal é o compromisso com a segurança das informações armazenadas no sistema (nuvem). Para acesso ao portal são adotados mecanismos de autenticação por perfis de acesso com login e senha, com armazenamento seguro em servidores institucionais, garantindo, assim, a

confidencialidade, das informações dos pacientes. Além disso, a plataforma foi desenvolvida baseada em princípios éticos, permitindo a utilização dos dados para fins de pesquisa científica. Com isso, o portal consolida-se não apenas como ferramenta de uso clínico, mas também como um instrumento de pesquisa robusto.

Vale destacar que, embora o portal tenha sido testado em indivíduos idosos, o SISMO apresenta uma estrutura versátil, o que possibilita sua ampliação para o atendimento de outras populações clínicas. Entre as populações que podem se beneficiar do sistema encontram-se idosos, indivíduos com condições neurológicas, ortopédicas, entre outras. Diante do exposto, o SISMO é uma ferramenta de saúde que contribui para a assistência fisioterapêutica e para a produção científica.

7 CONCLUSÃO

Esta pesquisa teve como objetivo principal o desenvolvimento, implementação e avaliação de um sistema de Monitoramento Fisioterapêutico remoto, voltado à reabilitação funcional remota com base em sensores inerciais. Inicialmente motivado pela pandemia do COVID-19 e testado na população idosa. Contudo o sistema foi projetado com arquitetura escalável o que possibilita a aplicação em diversas condições clínicas que envolvem comprometimentos motores. O SISMO integra avaliação funcional por acelerometria, prescrição terapêutica personalizada, prontuário clínico eletrônico e geração de relatórios, promovendo uma abordagem inovadora e abrangente para o acompanhamento da reabilitação fisioterapêutica remota.

Os resultados obtidos demonstraram que o sistema é funcional, seguro e apresenta boa aceitação pelos usuários, conforme as respostas obtidas através do questionário SUS. As funcionalidades desenvolvidas permitiram o monitoramento em tempo real e o registro detalhado dos dados, contribuindo para a análise da evolução dos pacientes. A usabilidade da plataforma, aliada à sua estrutura modular, reforça seu potencial de aplicação tanto em ambientes clínicos quanto acadêmicos e domiciliares. Essa abordagem amplia o acesso à reabilitação, especialmente em contextos de limitações de infraestrutura ou de mobilidade, contribuindo para a consolidação de um modelo de saúde digital mais inclusivo e eficiente.

Como contribuição científica, o SISMO se diferencia por reunir, em um único ambiente digital, recursos clínicos, tecnológicos e analíticos que comumente se encontram dispersos. A plataforma representa um avanço significativo no campo da tecnologia em saúde e em especial para a reabilitação remota. Contudo, é necessário reconhecer que os achados refletem a experiência de um grupo restrito de indivíduos, e que as percepções podem variar entre diferentes perfis de usuários. Nesse sentido, estudos futuros com amostras maiores e diversificadas são essenciais para validar os resultados preliminares e explorar o potencial de expansão do SISMO para outros contextos clínicos.

7 CONTRIBUIÇÕES FUTURAS

Expansão da amostra para diversos perfis populacionais: Realizar estudos com um número maior e mais diversificado de participantes, incluindo diferentes faixas etárias, condições clínicas (como doenças neurológicas e ortopédicas) e níveis de funcionalidade. Isso permitirá validar a aplicabilidade do SISMO em diferentes contextos assistenciais, testando sua robustez, adaptabilidade e sensibilidade às variações populacionais.

Validação científica com estudos de efetividade clínica: Conduzir estudos experimentais e clínicos comparativos (como ensaios clínicos randomizados) que avaliem a efetividade do SISMO em relação a métodos tradicionais de reabilitação. Isso permitirá validar cientificamente os resultados obtidos com a plataforma, fornecendo evidências robustas sobre sua eficácia no suporte à reabilitação remota baseada em dados objetivos.

REFERÊNCIAS

WIERSINGA, W. J. et al. **Pathophysiology, Transmission, Diagnosis, and Treatment of Coronavirus Disease 2019 (COVID-19): A Review.** JAMA, v. 324, n. 8, p. 782–793, 10 jul. 2020.

ARNOLD, David T. et al. **Patient outcomes after hospitalisation with COVID-19 and implications for follow-up: Results from a prospective UK cohort.** Thorax, [S. l.], v. 76, n. 4, p. 399–401, 2021.

Associação de Medicina Intensiva Brasileira. Manuseio do paciente com infecção pelo coronavírus COVID-19 e pneumonia e insuficiência respiratória pelo comitê de ventilação mecânica da AMIB. São Paulo: AMIB; 2020:1-5.

BEDNARSKI , F. **ANÁLISE DA EFICÁCIA DO USO DE ACELERÔMETRO PARA MONITORAR OS MOVIMENTOS DO CORPO DURANTE EXERCÍCIOS EM EQUIPAMENTOS AO AR LIVRE.** dissertação—Universidade Estadual do Oeste do Paraná,: [s.n.]. 2024.

BERNOCCHI P, VITACCA M, LA ROVERE MT, VOLTERRANI M, GALLI T, BARATTI D, PANERONI M, CAMPOLONGO G, SPOSATO B, SCALVINI S. **Home-based telerehabilitation in older patients with chronic obstructive pulmonary disease and heart failure: a randomised controlled trial.** Age Ageing. 2018 Jan 1;47(1):82-88. doi: 10.1093/ageing/afx146. PMID: 28985325.

Borghi-Silva A, Krishna AG, Garcia-Araujo AS. **Importance of functional capacity assessment and physical exercise during and after hospitalization in COVID-19 patients: revisiting pulmonary rehabilitation.** J Bras Pneumol. 2021 Sep 6;47(4):e20210277. doi: 10.36416/1806-3756/e20210277. PMID: 34495182; PMCID: PMC8979660.

BORTOLOTTI, L.; BREDA, D. **A prevalência e distribuição de comorbidades envolvidas nos pacientes idosos em uma Unidade de Saúde do município**

de Cascavel-PR. Research Society and Development, v. 12, n. 4, p. e24612441215-e24612441215, 17 abr. 2023.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Guia prático de gestão em saúde no trabalho para covid-19.** Brasília, DF, 2020.

BREUCKER, Sandra; LUCE, Sylvie; NJEMINI, Rose; BAUTMANS, Ivan; DECOSTER, Lore; METS, Tony; PEPERSACK, Thierry. **Analysis of inflammatory markers and hormones in old cancer patients: A descriptive study.** Experimental Gerontology, [S. l.], v. 130, p. 110787, 2020.

BROOKE, J. **SUS: A Retrospective.** Journal of Usability Stud, v. 8, n. 2, p. 29-40, 2013.

BROUWERS B, et al. **Metabolic disturbances of non-alcoholic fatty liver resemble the alterations typical for type 2 diabetes.** Clin Sci (Lond). 2017 Jul 7;131(15):1905-1917. doi: 10.1042/CS20170261. PMID: 28620012.

BRUCKI, S. M.D. et al. **Sugestões para o uso do mini-exame do estado mental no Brasil.** Arquivos de Neuro-Psiquiatria [online]. 2003, v. 61, n. 3B [Acessado 24 Dezembro 2022], pp. 777-781. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0004-282X2003000500014>>. Epub 12 Nov 2003. ISSN 1678-4227. <https://doi.org/10.1590/S0004-282X2003000500014>.

CAMPOS, M. R. et al. **Carga de doença da COVID-19 e de suas complicações agudas e crônicas: reflexões sobre a mensuração (DALY) e perspectivas no Sistema Único de Saúde.** Cadernos de Saúde Pública, v. 36, n. 11, 2020.

CHU, D.K. et al. **Physical distancing, face masks, and eye protection to prevent Person-to-person transmission of SARS-CoV-2 and COVID-19: a systematic review and meta-analysis.** Lancet, 395 (2021), pp. 1973-1987

COTTRELL MA; RUSSELL TG. **Telehealth for musculoskeletal physiotherapy.** Musculoskelet Sci Pract. 2020 Aug;48:102193. doi: 10.1016/j.msksp.2020.102193. Epub 2020 May 30. PMID: 32560876; PMCID: PMC7261082.

DANTAS LO; BARRETO RPG; FERREIRA CHJ. **Digital physical therapy in the COVID-19 pandemic.** Braz J Phys Ther. 2020 Sep-Oct;24(5):381-383. doi: 10.1016/j.bjpt.2020.04.006. Epub 2020 May 1. PMID: 32387004; PMCID: PMC7252186.

SOUZA, W. M. et al. **Epidemiological and clinical characteristics of the COVID-19 epidemic in Brazil.** Nature Human Behaviour, v. 4, n. 8, p. 856–865, 1 ago. 2020.

FERREIRA, et al. **Vida Fisicamente Ativa como Medida de Enfrentamento ao COVID-19.** Arquivos Brasileiros de Cardiologia [online]. 2020, v. 114, n. 4 [Acessado 27 Outubro 2022] , pp. 601-602. Disponível em: <<https://doi.org/10.36660/abc.20200235>>. Epub 9 Abr 2020. ISSN 1678-4170. <https://doi.org/10.36660/abc.20200235>.

FERREIRA, K. R. C. **Desenvolvimento de Dispositivo para Monitorização de Parâmetros Hemodinâmicos e Eletromiográficos: Uma Aplicação em Watsu.** Dissertação de mestrado (Engenharia Biomédica) - Universidade Federal de Pernambuco- UFPE. Recife-pe, p. 27. 2020.

FIORATTI, I.; FERNANDES, L.G.; REIS, F.J.; SARAGIOTTO, B.T. **Strategies for a safe and assertive telerehabilitation practice.** Braz J Phys Ther, 25 (2021), pp. 113-116.

GEREZ JJ, et al. **Short-Term Effects of a Respiratory Telerehabilitation Program in Confined COVID-19 Patients in the Acute Phase: A Pilot Study.** Int J Environ Res Public Health. 2021 Jul 14;18(14):7511. doi: 10.3390/ijerph18147511. PMID: 34299962; PMCID: PMC8306449.

GILMUTDINOVA IR et al. **Telemedicine platform COVIDREHAB for remote rehabilitation of patients after COVID-19.** Eur J Transl Myol. 2021 May 13;31(2):9783. doi: 10.4081/ejtm.2021.9783. PMID: 33985320; PMCID: PMC8274224.

GORBALENYA, A. E. et al. **The Species Severe Acute Respiratory syndrome-related Coronavirus : Classifying 2019-nCoV and Naming It SARS-CoV-2.** Nature Microbiology, v. 5, n. 4, p. 1–9, 2 mar. 2020.

HALPIN, S. J. et al. **Postdischarge symptoms and rehabilitation needs in survivors of COVID-19 infection: A cross-sectional evaluation.** Journal of Medical Virology, v. 93, n. 2, 17 ago. 2020.

HELMS, J et al. **Neurologic features in severe SARS-CoV-2 infection**
Hollander JE, Carr BG. Virtually Perfect? Telemedicine for Covid-19. N Engl J Med. 2020 Apr 30;382(18):1679-1681. doi: 10.1056/NEJMp2003539. Epub 2020 Mar 11. PMID: 32160451.

HOLLANDER, J. E.; CARR, B. G. **Virtually Perfect? Telemedicine for Covid-19.** New England Journal of Medicine, v. 382, n. 18, 11 mar. 2020.

HUANG, C et al. **6-month consequences of COVID-19 in patients discharged from hospital: a cohort study.** The Lancet, [S. l.], v. 397, n. 10270, p. 220–232, 2021.

JIMÉNEZ-PAVÓN D; CARBONELL-BAEZA A; LAVIE CJ. **Physical exercise as therapy to fight against the mental and physical consequences of COVID-19 quarantine: Special focus in older people.** Prog Cardiovasc Dis. 2020 May-Jun;63(3):386-388. doi: 10.1016/j.pcad.2020.03.009. Epub 2020 Mar 24. PMID: 32220590; PMCID: PMC7118448.

LANA, L. D. et al. **Fatores de Risco para Quedas em Idosos: Revisão Integrativa: Risk factors for falls in the elderly: na integrative review.** Revista Kairós-Gerontologia, v. 24, n. 2, p. 309–327, 2021.

LANA, et al. **Emergência do novo coronavírus (SARS-CoV-2) e o papel de uma vigilância nacional em saúde oportuna e efetiva.** Cadernos de Saúde Pública [online]. 2020, v. 36, n. 3 [Acessado 30 Outubro 2022] , e00019620. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/0102-311X00019620>>. Epub 13 Mar 2020. ISSN 1678-4464. <https://doi.org/10.1590/0102-311X00019620>.

Li J et al. **A telerehabilitation programme in post-discharge COVID-19 patients (TERECO): a randomised controlled trial.** Thorax. 2022 Jul;77(7):697-706. doi: 10.1136/thoraxjnl-2021-217382. Epub 2021 Jul 26. PMID: 34312316; PMCID: PMC8318721.

LOPES, G. L; SANTOS, M. I. P.de O. **Funcionalidade de idosos cadastrados em uma unidade da Estratégia Saúde da Família segundo categorias da Classificação Internacional de Funcionalidade**. Rev. Bras. Geriatr. Gerontol., Rio de Janeiro, v. 18, n. 1, p.71-83, 2015.

LU, R. et al. **Genomic characterisation and epidemiology of 2019 novel coronavirus: implications for virus origins and receptor binding**. The Lancet, v. 395, n. 10224, p. 565–574, jan. 2020.

MARTILLO, M. A. et al. **Postintensive Care Syndrome in Survivors of Critical Illness Related to Coronavirus Disease 2019**. Critical Care Medicine, v. Publish Ahead of Print, 16 mar. 2021.

MICHAELSEN, S. M. et al. **Usando um acelerômetro para analisar o movimento de alcance e preensão após o AVE**. Motriz, v. 19, n. 4 p. x. 2013.

MINISTÉRIO DA SAÚDE **Secretaria de Vigilância em Saúde Doença pelo Novo Coronavírus – COVID-19 BOLETIM EPIDEMIOLÓGICO ESPECIAL APRESENTAÇÃO**. Site: www.saude.gov.br/svs. 2022.

MOREIRA, L. B. et al. **Fatores associados a capacidade funcional de idosos adscritos à Estratégia de Saúde da Família**. Ciência & Saúde Coletiva, v. 25, p. 2041–2050, 3 jun. 2020.

MORIN et al. **THE WRITING COMMITTEE FOR THE COMEBAC STUDY GROUP. Four-Month Clinical Status of a Cohort of Patients After Hospitalization for COVID-19**. JAMA, v. 325, n. 15, p. 1525–1534, 20 abr. 2021.

NEGRINI, F. et al. **Rehabilitation and COVID-19: a rapid living systematic review 2020 by Cochrane Rehabilitation Field. Update as of October 31st, 2020**. European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine, v. 57, n. 1, fev. 2021.

NEVILLE.; LUDLOW.; RIEGER. **Measuring postural stability with an inertial sensor: validity and sensitivity**. Med Devices (Auckl), n. 8, p. 447-55, 2015.

NORONHA et al. **Pandemia por COVID-19 no Brasil: análise da demanda e da oferta de leitos hospitalares e equipamentos de ventilação assistida segundo diferentes cenários.** Cadernos de Saúde Pública, 2020; 36 (6): e00115320.

OH-PARK, M.; LEW, H. L.; RAGHAVAN, P. **Telerehabilitation for Geriatrics.** Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America, v. 32, n. 2, p. 291–305, maio 2021.

OLIVEIRA, H. N. **Compressão de Sinais Biomédicos.** Dissertação de Mestrado (Engenharia Biomédica) Universidade Federal da Paraíba - UFPB - João Pessoa-PB, p. 12. 2019.

OPAS. Folha informativa – COVID-19 (doença causada pelo novo coronavírus).

PADRINI-ANDRADE, L. et al. **EVALUATION OF USABILITY OF A NEONATAL HEALTH INFORMATION SYSTEM ACCORDING TO THE USER'S PERCEPTION.** Revista Paulista de Pediatria, v. 37, n. 1, p. 90–96, jan. 2019.

Painel da OMS sobre o coronavírus (COVID-19) <https://covid19.who.int>, Acessado em 13 de março de 2022.

PEREZ, A. M. C. **INTERFACE HOMEM-MÁQUINA: uma ferramenta de auxílio na reabilitação da marcha e do equilíbrio em pacientes pós-acidente vascular encefálico.** Dissertação de mestrado (Engenharia Biomédica) - Universidade Federal de Pernambuco- UFPE. Recife-pe, p. 28. 2020.

PEREZ, C. et al. **Physical therapy rehabilitation after hospital discharge in patients affected by COVID-19: a systematic review.** BMC Infectious Diseases, v. 23, n. 1, 16 ago. 2023.

PINTO, A. H. et al. **Capacidade funcional para atividades da vida diária de idosos da Estratégia de Saúde da Família da zona rural.** Ciência & Saúde Coletiva, v. 21, n. 11, p. 3545–3555, nov. 2016.

PIQUET V et al. **Covid Rehabilitation Study Group. Do Patients With COVID-19 Benefit from Rehabilitation? Functional Outcomes of the First 100**

Patients in a COVID-19 Rehabilitation Unit. Arch Phys Med Rehabil. 2021 Jun;102(6):1067-1074. doi: 10.1016/j.apmr.2021.01.069. Epub 2021 Feb 4. PMID: 33548208; PMCID: PMC7857995.

Protocolo de manejo clínico da Covid-19 na Atenção Especializada [recurso eletrônico] / Ministério da Saúde, Secretaria de Atenção Especializada à Saúde. Departamento de Atenção Hospitalar, Domiciliar e de Urgência. – 1. ed. rev Brasília : Ministério da Saúde, 2020.

REINHARDT, G.; SCHWARZ, P. E.; HARST, L. **Non-use of telemedicine: A scoping review.** Health Informatics Journal, v. 27, n. 4, p. 146045822110431, out. 2021.

RESTUCCIA, R. et al. **The preventive and therapeutic role of physical activity in knee osteoarthritis.** Reumatismo, v. 74, n. 1, 3 maio 2022.

ROMERO, D. E. et al. **Idosos no contexto da pandemia da COVID-19 no Brasil: efeitos nas condições de saúde, renda e trabalho.** Cadernos de Saúde Pública, v. 37, n. 3, p. e00216620, 2021.

SHEEHY, L. M. Considerations for Postacute Rehabilitation for Survivors of COVID-19. **JMIR Public Health and Surveillance**, v. 6, n. 2, p. e19462, 8 maio 2020.

SILVA, F. R. et al. **Biomechanical alterations of gait on overweight subjects.** Research on Biomedical Engineering, v. 34, n. 4, p. 291–298, 8 nov. 2018.

SILVA, F. R et al. Alterações biomecânicas da marcha em indivíduos com sobrepeso. Res. Biomed. Eng. 34 (4). <https://doi.org/10.1590/2446-4740.180017>. 2018.

SILVA, H. G. P. V. DA . et al. **Modificações biomecânicas na marcha de indivíduos com osteoartrite medial do joelho.** Acta Ortopédica Brasileira, v. 20, n. 3, p. 150–156, 2012.

SILVA, Rodrigo Marcel Valentim Da; SOUSA, Angelica Vieira Cavalcanti De. Fase crônica da COVID-19: desafios do fisioterapeuta diante das disfunções musculoesqueléticas. *Fisioterapia em Movimento*, [S. l.], v. 33, p. 2–4, 2020.

SIMPSON, R.; ROBINSON, L. **Rehabilitation following critical illness in people with COVID-19 infection.** *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, v. 99, n. 6, p. 1, abr. 2020.

SOUZA, C. **Análise da caminhada dentro d'água em pessoas com doença de Parkinson: um estudo com acelerometria.** dissertação—Universidade Federal de Pernambuco: [s.n.].

SOUZA, K. A. D. U.; Souza, L. E. P. F. D. **Incorporação de tecnologias no Sistema Único de Saúde: as racionalidades do processo de decisão da Comissão Nacional de Incorporação de Tecnologias no Sistema Único de Saúde.** *Saúde em Debate*, v. 42, p. 48–60, 2018.

SOUZA, M. O. DE et al. **Impactos da COVID-19 na aptidão cardiorrespiratória: exercícios funcionais e atividade física.** *Revista Brasileira de Atividade Física & Saúde*, v. 25, p. 1–5, 31 dez. 2020.

SPRUIT, M. A. et al. **COVID-19: Interim Guidance on Rehabilitation in the Hospital and Post-Hospital Phase from a European Respiratory Society and American Thoracic Society-coordinated International Task Force.** *European Respiratory Journal*, v. 56, n. 6, 1 jan. 2020.

SUN, P. et al. **Understanding of COVID-19 based on current evidence.** *Journal of Medical Virology*, v. 92, n. 6, 25 fev. 2020.

TOLU-AKINNAWO, O.; EZEKWUEME, F.; AWOYEMI, T. **Telemedicine in Cardiology: Enhancing Access to Care and Improving Patient Outcomes.** *Curēus*, v. 16, n. 6, 21 jun. 2024.

TSEKOURA, M. et al. **Physiotherapists' Perceptions and Willingness to Use Telerehabilitation in Greece: A Cross-Sectional Study.** *Cureus*, 8 dez. 2022.

VIEIRA, A. G. DA S. et al. **Telerehabilitation improves physical function and reduces dyspnoea in people with COVID-19 and post-COVID-19 conditions: a systematic review.** Journal of Physiotherapy, v. 68, n. 2, p. 90–98, abr. 2022.

VOURVOPOULOS et al. **RehabNet: A distributed architecture for motor and cognitive neuro-rehabilitation.** 1 out. 2013.

WANG, W. et al. **Intensive Care Unit-Acquired Weakness: A Review of Recent Progress With a Look Toward the Future.** Frontiers in Medicine, v. 7, 23 nov. 2020.

WELCH, C. et al. **COVID-19 and Acute Sarcopenia.** Aging and disease, v. 11, n. 6, p. 1345, 2020.

WIERTZ, C. M. H. et al. **COVID-19: Patient Characteristics in the First Phase of Postintensive Care Rehabilitation.** Archives of Rehabilitation Research and Clinical Translation, v. 3, n. 2, p. 100108, 1 jun. 2021.

WHO. **Healthy ageing and functional ability.** Disponível em: <<https://www.who.int/news-room/questions-and-answers/item/healthy-ageing-and-functional-ability>>.

XAVIER, A. R. et al. **COVID-19: clinical and laboratory manifestations in novel coronavirus infection.** Jornal Brasileiro de Patologia e Medicina Laboratorial, v. 56, 2020.

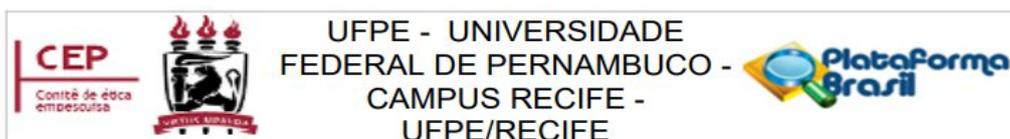
ZAMPOGNA, E. et al. **Effectiveness of pulmonary rehabilitation in severe asthma: a retrospective data analysis.** Journal of Asthma, v. 57, n. 12, p. 1365–1371, 13 ago. 2019.

ZHOU, F. et al. **Clinical course and risk factors for mortality of adult inpatients with COVID-19 in Wuhan, China: a retrospective cohort study.** The Lancet, v. 395, n. 10229, p. 1054–1062, mar. 2020.

ZHU, N. et al. **A Novel Coronavirus from Patients with Pneumonia in China, 2019.** New England Journal of Medicine, v. 382, n. 8, 24 jan. 2020.



ANEXO 1 - ARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA REMOTO DE MONITORAMENTO DE EXERCÍCIOS TERAPÊUTICOS E PARÂMETROS HEMODINÂMICOS PARA INDIVÍDUOS APÓS ALTA HOSPITALAR PROVENIENTE DO COVID-19

Pesquisador: AMANDA MARIA DA CONCEICAO PEREZ

Área Temática:

Versão: 3

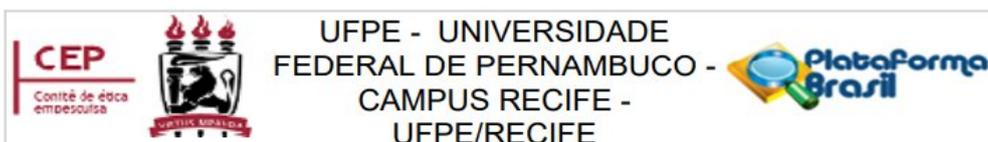
CAAE: 53171921.6.0000.5208

Instituição Proponente: CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIENCIAS

Patrocinador Principal: Capes Coordenação Aperf Pessoal Nível Superior

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 5.135.351



Continuação do Parecer: 5.135.351

Folha de Rosto	folha_de_rosto.pdf	07/11/2021 16:34:20	AMANDA MARIA DA CONCEICAO PEREZ	Aceito
----------------	--------------------	------------------------	------------------------------------	--------

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

RECIFE, 30 de Novembro de 2021

Assinado por:
LUCIANO TAVARES MONTENEGRO
(Coordenador(a))



ANEXO 2 - MINI EXAME DO ESTADO MENTAL

MINI EXAME DO ESTADO MENTAL (Folstein, Folstein & McHugh, 1975)

Orientação Temporal Espacial – 1 para cada resposta correta, máximo de 10 pontos.
Mémoria imediata – 1 para cada resposta correta, máxima de 3 pontos.
Atenção e cálculo – pontuação máxima 5 pontos.
Evocação – pontuação máxima 3 pontos.
Linguagem – pontuação máxima 9 pontos.
Escolaridade: Analfabeto () 0 à 3 anos () 4 à 8 anos () mais de 8 anos ()
 Normal: acima de 27 pontos. Demência: menor ou igual a 24 pontos; em caso de menos de 4 anos de escolaridade, o ponto de corte passa para 17, em vez de 24.

PACIENTE: _____ **DATA:** _____

ORIENTAÇÃO TEMPORAL E ESPACIAL

Dia da semana (1 ponto).....()
 Dia do mês (1 ponto).....()
 Mês (1 ponto).....()
 Ano (1 ponto).....()
 Hora aproximada (1 ponto).....()
 Instituição (residência, hospital, clínica) (1 ponto).....()
 Local específico (apartamento ou setor) (1 ponto).....()
 Bairro ou rua próxima (1 ponto).....()
 Cidade (1 ponto).....()
 Estado (1 ponto).....()

MEMÓRIA IMEDIATA

Mencione 3 palavras não relacionadas. Peça ao paciente para repetir as 3 palavras que você mencionou.
 Pêra, mesa, centavo. (1 ponto para cada acerto).....()
 Repita as palavras e certifique-se de que as aprendeu, mais adiante você irá perguntá-las novamente.

ATENÇÃO E CÁLCULO

Subtrair 100-7 sucessivamente por 5 vezes (93 – 86 – 79 – 72 – 65). (1 ponto para cada acerto).....()
 (Alternativamente, soletrar MUNDO de trás para frente)

EVOCAÇÃO

Pergunte pelas 3 palavras ditas anteriormente. (1 ponto para cada acerto).....()

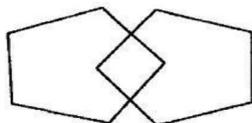
LINGUAGEM

Aponte para um lápis e um relógio. Faça o paciente dizer o nome desses objetos conforme e você os aponta (2 pontos).....()
 Faça o paciente repetir “nem aqui, nem ali, nem lá” (1 ponto).....()
 Faça o paciente seguir o comando de 3 estágios: “Pegue o papel com a mão direita, dobre-o ao meio e coloque-o no chão”. (3 pontos).....()
 Faça o paciente ler e obedecer ao seguinte: FECHÉ OS OLHOS. (1 ponto).....()
 Faça o paciente escrever uma frase de sua própria autoria. (A frase deve conter um sujeito e um objeto e fazer sentido, Ignore erros de ortografia ao marcar o ponto). (1 ponto).....()

HABILIDADE CONSTRUTIVA

Copie o desenho abaixo (estabeleça um ponto se todos os lados e ângulos forem preservados e se os lados da interseção formam um quadrilátero) (1 ponto).....()

Desenho



Cópia



ESCORE: (_____ /30)



APÊNDICE 1 – 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 intitulada: Desenvolvimento de um sistema remoto de monitoramento de exercícios terapêuticos e parâmetros hemodinâmicos, que está sob a responsabilidade da pesquisadora principal Amanda Maria da Conceição Perez. Telefone: (81) 9.97504301, e-mail: amanda.1fisio@hotmail.com, (inclusive ligações a cobrar) e está sob a orientação dos professores Rosa Amália Fireman Dutra, telefone: 9.97936788, email: rfdutra@gmail.com, e Marco Aurélio Benedetti, telefone: 9.96504212, e-mail: mabrbenedetti@gmail.com.

Todas as suas dúvidas podem ser esclarecidas com o responsável por esta pesquisa. Apenas quando todos os esclarecimentos forem dados e você concorde com a realização do estudo, pedimos que rubriche as folhas e assine ao final deste documento, que está em duas vias. Uma via lhe será entregue e 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 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 senhor (a) está sendo convidado a participar de um estudo onde o objetivo é, desenvolver um sistema para acompanhamento em domicílio dos sinais de captação da aceleração do movimento do corpo, a quantidade de batidas do coração por minuto e a quantidade de oxigênio no sangue durante a realização de exercícios de fisioterapia.

Os voluntários da pesquisa serão submetidos a utilizarem o instrumento em questão, ou seja, irão realizar exercícios utilizando um sistema de computador, para fisioterapia em domicílio. Os participantes serão acompanhados por profissionais capacitados de forma presencial nos momentos de avaliações e entrevistas e na

modalidade remota um profissional também irá acompanhar os participantes remotamente. A pesquisa foi realizada no Laboratório de Interface Humano-Máquina da UFPE e no domicílio respectivo de cada voluntário da pesquisa em, Recife – PE.

Esclarecimento do período de participação do voluntário na pesquisa, início, término e número de visitas: Inicialmente, será realizada uma visita presencial no domicílio do paciente a fim de realizar uma triagem através de uma ficha de avaliação, para identificar o paciente, verificar os critérios de inclusão e exclusão e explicar todas as questões referentes à pesquisa e ao instrumento, a visita será realizada por um fisioterapeuta e por uma psicóloga vinculados a pesquisa. Durante essa visita presencial no domicílio do paciente, também será realizada uma entrevista semiestruturada que será gravada com o consentimento do paciente. Posteriormente os participantes elegíveis utilizarão o sistema em seus respectivos domicílios com o acompanhamento remoto do fisioterapeuta. Serão realizadas 10 sessões remotas, 3 vezes por semana, com duração de aproximadamente 30 a 50 minutos. Ao término das sessões remotas de fisioterapia, juntamente ao recolhimento do equipamento será realizada uma outra entrevista, que também será gravada para levantar dados referentes à avaliação dos pacientes no que diz respeito aos diversos componentes do sistema de monitoramento realizado. Todas as sessões remotas de exercícios de fisioterapia serão gravadas através de uma câmera posicionada à frente do voluntário que se posicionará ao menos a 1,5m de distância da câmera para a captura de seu corpo inteiro durante a execução do protocolo para avaliações posteriores.

RISCOS diretos/indiretos para os voluntários: Durante o estudo o paciente pode se sentir incomodado (a) e/ou constrangido (a), em participar dos atendimentos. Por isso, garantimos o direito de desistir, a qualquer momento de participar desta pesquisa, sem qualquer prejuízo ou custo para você, nem para a sua assistência. Além disso, a sua privacidade será garantida durante toda a entrevista. Existe ainda o risco de medo ou receio por perda ou danos nos instrumentos a serem utilizados no domicílio, porém os equipamentos estão sobre a responsabilidade dos pesquisadores, não sendo o participante responsabilizado por nenhum dano aos equipamentos.

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. Quando na

presença do pesquisador esse será responsável pelo socorro do participante, na ausência do pesquisador o familiar ou acompanhante responsável pelo participante assumirá o socorro do participante, tendo todos os custos financiados pelos pesquisadores. O instrumento utilizado é alimentado por bateria, não terá nenhum contato com corrente elétrica.

BENEFÍCIOS: Este estudo proporciona benefícios indiretos aos participantes, visto que com os resultados obtidos nesta pesquisa, espera-se contribuir para reabilitação de pessoas. O benefício relacionado a esta pesquisa é desenvolver/adaptar um sistema que irá auxiliar na reabilitação forma remota. A pesquisa pretende gerar benefícios pós-estudo, tendo em vista que os pesquisadores pretendem continuar com os atendimentos domiciliares.

Os voluntários desta pesquisa estarão contribuindo para a utilização do instrumento em questão. Esclarecemos que os participantes dessa pesquisa têm plena liberdade de se recusar a participar do estudo e que esta decisão não acarretará penalização por parte dos pesquisadores. Todas as informações desta pesquisa serão confidenciais, divulgadas apenas em eventos ou publicações científicas, não havendo identificação dos voluntários, a não ser entre os responsáveis pelo estudo, sendo assegurado o sigilo sobre a sua participação.

Os dados serão armazenados em um banco de dados e em pastas de arquivo, por um período mínimo de cinco anos, de acordo com a Resolução do Conselho Nacional de Saúde (CNS/MS) 466/12 que trata da pesquisa envolvendo seres humanos, sob a responsabilidade dos pesquisadores, Amanda Maria da Conceição Perez, telefone: (81) 9.9750-4301, e-mail: amanda.1fisio@hotmail.com e do professor orientador Marco Aurélio Benedetti Rodrigues, telefone: 9.9650-4212, e-mail: mabrbenedetti@gmail.com. No endereço profissional: Av. da Arquitetura, s/n, Cidade Universitária, Departamento de Engenharia Elétrica, Recife - PE, CEP: 50740-550.

O participante também poderá contatar a equipe de pesquisa através dos telefones e e-mails supracitados. Nada lhe será pago e nem será cobrado para participar desta pesquisa, pois a aceitação é voluntária, ficando garantida a indenização em casos de danos comprovadamente decorrentes da participação na pesquisa, conforme decisão judicial ou extrajudicial. Se houver necessidade as despesas para a sua participação serão assumidas pela pesquisadora como por exemplo: 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: cephumanos.ufpe@ufpe.br).**

Amanda Maria da Conceição Perez

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 sistema remoto de monitoramento de exercícios terapêuticos e parâmetros hemodinâmicos, 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 2 – FICHA DE AVALIAÇÃO

Usuário: _____

Telefones: _____ Sexo: () M () F Estado Civil: _____

Data.Nasc.: ___/___/___ Profissão: _____ Endereço: _____

_____. Telefone: _____

Peso: _____ Altura: _____. Grau de Instrução: () Analfabeto () Ignorado () 1º grau completo () 1º grau incompleto () 2º grau completo () 2º grau incompleto () Nível superior(), Pós-graduação ().

HIPERTENSO: SIM () NÃO () PA _____ FUMANTE: SIM () NÃO ()

DIABÉTICO: SIM () NÃO () MARCA-PASSO: SIM () NÃO () IMPLANTE

METÁLICO: SIM () NÃO () LOCAL _____

DOENÇAS PRÉ-EXISTENTES: _____

CIRURGIAS: _____

MEDICAÇÕES ATUAIS: _____

QUEIXA PRINCIPAL: _____

QUADRO NEUROLÓGICO

Valor alcançado no *Timed up and Go Test* (em segundos):

SENSIBILIDADE: _____ LOCAL _____

MOVIMENTOS INVOLUNTÁRIOS: SIM () NÃO (). QUAIS? () CLÔNUS ()
TREMORES () CÂIMBRAS () CONVULSÕES () ESPASMOS.

Exame físico: (força muscular, tônus, ADM)

MMSS:

MMII:

Avaliação postural:

Equilíbrio e marcha:

Valor alcançado no *Timed up and Go Test* (em segundos):

Tipo de marcha:

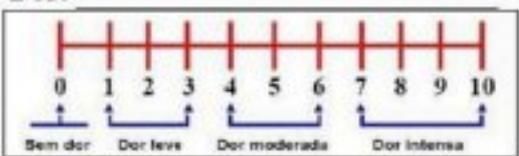
Antálgica; Claudicante; Festinada; Parética; Pequenos passos; Outro.

Nome: _____ Prof.: _____ Clínica: _____ Leito: _____

Data internação: ___/___/___ Data avaliação: ___/___/___ Idade: ___ anos Gênero: () M () F

Diagnóstico/Comorbidades: _____

Inspeção: _____

SINAIS VITAIS	
FC: ___ bpm PA: ___ mmHg SatO ₂ : ___ %	Dor: 
FR: <input type="checkbox"/> bradipneico <input type="checkbox"/> eupneico <input type="checkbox"/> taquipneico	
<input type="checkbox"/> sinais de desconforto respiratório	
T°: <input type="checkbox"/> afebril ao toque <input type="checkbox"/> febril ao toque	
FUNÇÃO CARDIORRESPIRATÓRIA	
Ventilação: <input type="checkbox"/> espontânea <input type="checkbox"/> VMNI <input type="checkbox"/> VMI Oxigenoterapia: CN ___ l/min MF ___ l/min	
Ausculta pulmonar: _____	
Tosse: <input type="checkbox"/> ineficaz <input type="checkbox"/> pouco eficaz <input type="checkbox"/> eficaz <input type="checkbox"/> seca <input type="checkbox"/> produtiva	
Expectoração: <input type="checkbox"/> ausente <input type="checkbox"/> presente <input type="checkbox"/> deglutição <input type="checkbox"/> dificuldade	
Aspecto da secreção: <input type="checkbox"/> mucóide <input type="checkbox"/> mucopurulenta <input type="checkbox"/> purulenta	
Padrão respiratório: <input type="checkbox"/> costal <input type="checkbox"/> diafragmático <input type="checkbox"/> misto	
Expansibilidade: <input type="checkbox"/> simétrica <input type="checkbox"/> assimétrica <input type="checkbox"/> normal <input type="checkbox"/> reduzida	
<input type="checkbox"/> Uso de TOT N°/fixação do tubo: _____ TQT: <input type="checkbox"/> plástica <input type="checkbox"/> metálica N° _____	
Cuff: <input type="checkbox"/> desinsuflado <input type="checkbox"/> insuflado	
FUNÇÃO NEUROMOTORA	
Glasgow: AO ___ RV ___ RM ___ (T ___) ADM: <input type="checkbox"/> normal <input type="checkbox"/> reduzida	
Trofismo: <input type="checkbox"/> atrofia <input type="checkbox"/> hipotrofia <input type="checkbox"/> hipertrofia Tônus: <input type="checkbox"/> normal <input type="checkbox"/> hipotonia <input type="checkbox"/> hipertonia	
AVALIAÇÃO FUNCIONAL: Escala de Mobilidade IMS (ICU Mobility Scale)	
<input type="checkbox"/> 0 – Nada (deitado no leito)	<input type="checkbox"/> 6 – Marcha estacionária (à beira do leito)
<input type="checkbox"/> 1 – Sentado no leito, exercícios no leito	<input type="checkbox"/> 7 – Deambular com auxílio de 2 ou mais pessoas
<input type="checkbox"/> 2 – Transferido passivamente para cadeira (s/ ortostatismo)	<input type="checkbox"/> 8 – Deambular com auxílio de 1 pessoa
<input type="checkbox"/> 3 – Sentado à beira do leito	<input type="checkbox"/> 9 – Deambulação independente com auxílio de dispositivo de marcha
<input type="checkbox"/> 4 – Ortostatismo	<input type="checkbox"/> 10 – Deambulação independente sem auxílio de dispositivo de marcha
<input type="checkbox"/> 5 – Transferência do leito para cadeira	

Avaliação cardiorespiratória:

Assinatura do avaliador



APÊNDICE 3 – QUESTIONÁRIO SUS PARA AVALIAÇÃO DE USABILIDADE DA PLATAFORMA DE MONITORAMENTO

Este questionário é parte integrante de uma pesquisa sobre o nível de satisfação de pacientes, quanto a usabilidade de uma plataforma para auxiliar na monitorização da reabilitação. Responda as questões abaixo da forma mais precisa possível. Se houver alguma dúvida, não hesite em perguntar.

IDENTIFICAÇÃO

Paciente/Entrevistado (a) _____

Data _________ Idade _____ Sexo _____

1. Acho que gostaria de utilizar este sistema de reabilitação com frequência.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

2. Considerei este sistema de reabilitação mais complexo do que o necessário.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

3. Achei este sistema de reabilitação fácil de ser utilizado.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

4. Acho que necessitaria de ajuda para conseguir usar este sistema de reabilitação.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

5. Acho que este sistema de reabilitação é bem funcional.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

6. Achei que este sistema de reabilitação tem muitas inconsistências.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

7. Acho que a maioria das pessoas aprenderá rápido a utilizar este sistema de reabilitação.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

8. Considerei este sistema de reabilitação muito complicado de utilizar.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

9. Senti-me muito confiante ao utilizar este sistema de reabilitação.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

10. Teria que treinar muito antes de conseguir usar este sistema de reabilitação.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Observação: Sua nota corresponde às seguintes avaliações: “1- discordo fortemente”, “2- discordo”, “3- não concordo nem discordo”, “4- concordo” e “5- concordo fortemente”.



APENDICE 4 - ARTIGO DE REVISÃO PUBLICADO

Abstract

In 2019, the Coronavirus (SARS-CoV-2) virus was identified, also defined as novel coronavirus or severe acute respiratory syndrome coronavirus 2. The Corona Virus Disease (COVID-19) pandemic generated several changes in society in 2020 as a result of its rapid spread in humans. The main symptoms are high fever (≥ 37.8 °C), dry cough, dyspnea, upper respiratory symptoms,

A. M. C. et al. *BMC Infectious Diseases* (2023) 23:535
<https://doi.org/10.1186/s12879-023-08313-w>

BMC Infectious Diseases

RESEARCH

Open Access

Physical therapy rehabilitation after hospital discharge in patients affected by COVID-19: a systematic review



Perez A. M. C.^{1*}, Silva M. B. C.², Macêdo L. P. G.³, Chaves Filho A. C.¹, Dutra R. A. F.¹ and Rodrigues M. A. B.²

Abstract

In 2019, the Coronavirus (SARS-CoV-2) virus was identified, also defined as novel coronavirus or severe acute respiratory syndrome coronavirus 2. The Corona Virus Disease (COVID-19) pandemic generated several changes in society in 2020 as a result of its rapid spread in humans. The main symptoms are high fever (≥ 37.8 °C), dry cough, dyspnea, upper respiratory symptoms, myalgia, fatigue and diarrhea in the most uncommon cases. Considering the emergency situation caused by the COVID-19 pandemic and the effects attributed to it, rehabilitation professionals have a fundamental role in the functional recovery of patients, independence and improvement of quality of life. This is a systematic review of the literature, with the aim of discussing the main findings on physical therapy management in functional changes in post-COVID-19 patients. Pubmed, Scielo, Scencedirect, BVS and PEDro databases were used. The terms MESH/DECS used for the searches were: Rehabilitation, Physical Therapy Modalities, Covid-19, Post-acute Syndromes COVID-19 and Physical Fitness, the keywords were also used: rehabilitation, physiotherapy, Covid-19, post-acute syndrome COVID-19 and functional capacity. To cross the terms, Boolean operators (AND and OR) were used. Randomized trials, recommendations, quasi-randomized or prospective controlled trials, reports, guidelines, and field updates were included. As for the selected population, studies were included in individuals of both sexes, with no age restriction, that evaluated physiotherapeutic interventions in patients who had COVID-19. Literature reviews, case studies, conferences, abstracts of articles published in conference proceedings and letters to the editor were excluded from the research. To measure methodological quality, the PEDro scale was used. Searches for articles were performed restricting the period of publication between the years 2019 to 2022. The electronic search strategy identified a total of 364 records from the selected databases. After screening for duplicates, 14 articles were excluded, followed by screening by titles and abstracts, another 298 articles were excluded, of these 47 potentially relevant records were submitted to full text review and of these 5 randomized clinical trials were included in this review. In view of the findings of this study, it can be concluded that physical therapy rehabilitation should continue after hospital discharge, with the aim of improving physical performance and activities of daily living (ADL) in post-COVID-19 patients.

Keywords Rehabilitation, Physical Therapy Modalities, Covid-19, Post-acute Syndromes COVID-19, Physical Fitness

*Correspondence:

Perez A. M. C.
 amanda.mariac@ufpe.br

Full list of author information is available at the end of the article



© The Author(s) 2023. **Open Access** This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License, which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons licence, and indicate if changes were made. The images or other third party material in this article are included in the article's Creative Commons licence, unless indicated otherwise in a credit line to the material. If material is not included in the article's Creative Commons licence and your intended use is not permitted by statutory regulation or exceeds the permitted use, you will need to obtain permission directly from the copyright holder. To view a copy of this licence, visit <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>. The Creative Commons Public Domain Dedication waiver (<http://creativecommons.org/publicdomain/zero/1.0/>) applies to the data made available in this article, unless otherwise stated in a credit line to the data.

myalgia, fatigue and diarrhea in the most uncommon cases. Considering the emergency situation caused by the COVID-19 pandemic and the effects

attributed to it, rehabilitation professionals have a fundamental role in the functional recovery of patients, independence and improvement of quality of life. This

is a systematic review of the literature, with the aim of discussing the main findings on physical therapy management in functional changes in post-COVID-19 patients. Pubmed, Scielo, Sciencedirect, BVS and PEDro databases were used. The terms MESH/DECs used for the searches were: Rehabilitation, Physical Therapy Modalities, Covid-19, Post-acute Syndromes COVID-19 and Physical Fitness, the keywords were also used: rehabilitation, physiotherapy, Covid-19, post- acute syndrome COVID-19 and functional capacity. To cross the terms, Boolean operators (AND and OR) were used.

Randomized trials, recommendations, quasi-randomized or prospective controlled trials, reports, guidelines, and field updates were included. As for the selected population, studies were included in individuals of both sexes, with no age restriction, that evaluated physiotherapeutic interventions in patients who had COVID-19. Literature reviews, case studies, conferences, abstracts of articles published in conference proceedings and letters to the editor were excluded from the research. To measure methodological quality, the PEDro scale was used. Searches for articles were performed restricting the period of publication between the years 2019 to 2022. The electronic search strategy identified a total of 364 records from the selected databases. After screening for duplicates, 14 articles were excluded, followed by screening by titles and abstracts, another 298 articles were excluded, of these 47 potentially relevant records were submitted to full text review and of these 5 randomized clinical trials were included in this review. In view of the findings of this study, it can be concluded that physical therapy rehabilitation should continue after hospital discharge, with the aim of improving physical performance and activities of daily living (ADL) in post-COVID-19 patients.

Keywords Rehabilitation, Physical Therapy Modalities, Covid-19, Post-acute Syndromes COVID-19, Physical Fitness

*Correspondence:

Perez A. M.

C.

amanda.mari

ac@ufpe.br

Full list of author information is available at the end of the article



© The Author(s) 2023. **Open Access** This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License, which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons licence, and indicate if changes were made. The images or other third party material in this article are included in the article's Creative Commons licence, unless indicated otherwise in a credit line to the material. If material is not included in the article's Creative Commons licence and your intended use is not permitted by statutory regulation or exceeds the permitted use, you will need to obtain permission directly

from the copyright holder. To view a copy of this licence, visit <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>. The Creative Commons Public Domain Dedication waiver (<http://creativecommons.org/publicdomain/zero/1.0/>) applies to the data made available in this article, unless otherwise stated in a credit line to the data.

Introduction

COVID-19 is an infectious disease caused by severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 (SARS-CoV-2) [1]. The Pandemic greatly impacted the world scenario, aggravating morbidity and mortality rates [2]. The disease was responsible for many severe cases, mainly in the respiratory system, accompanied by fever, muscle pain and fatigue, even though it is a systemic disease [3, 4]. The virus has high transmissibility between humans, which further aggravated the disease control condition [5].

In addition to respiratory and musculoskeletal changes, the absence of smell and taste can occur as an indication of infections in the early stages of the disease [5]. Studies report that COVID-19 has characteristics similar to common flu conditions, but in some cases, it can lead to serious manifestations and even lead to death, especially in the elderly population and in individuals with chronic comorbidities, being considered a pandemic and emergency of disease public health of international interest [6].

Considering the emergency situation caused by the pandemic, and the deleterious effects not yet fully known, some measures must be taken in view of the possible effects attributed to the disease, such as: motor, respiratory and hemodynamic changes that may also be related to the length of hospital stay and of bed restriction. It is estimated that 5% to 10% of patients are indicated for a post-COVID-19 rehabilitation program [7]. In this way, physical therapy rehabilitation has a fundamental role in the recovery and restoration of the motor functions of people affected by the disease [8].

Some factors can compromise the patient's rehabilitation protocol, such as the availability of rehabilitation services, the difficulty in moving and accessing rehabilitation units, and the patients' financial situation, among others [9]. Rehabilitation professionals play an important role throughout the disease evolution process, from installation, participating in intensive care until discharge, favoring the return of these individuals to their homes and providing continuity of care at that moment [3].

The physiotherapy protocol should be continued after hospital discharge, as there are reports of low physical functioning and impaired performance in activities of daily living in post-COVID-19 patients [10]. The physiotherapy protocol should be individual, focusing on the deficits presented by the individual, aiming to minimize the risks and problems bringing positive impacts on improving functionality, providing independence to the individual, favoring the improvement of the quality of life [8, 11, 12].

This article had as main objectives, to discuss the effects of the main findings on the physical therapy management in the functional alterations of post-COVID-19

patients, to observe the benefits of Physical Therapy in the rehabilitation of patients affected by COVID-19 after hospital discharge, to verify the existence of physiotherapeutic protocols for post-COVID-19 rehabilitation and to evaluate the main functional sequelae in post-covid-19.

Methods

Record

The protocol for this review was registered in the International Prospective Register for Systematic Reviews (PROSPERO), under registration number: CRD42023401750.

Study design

This systematic review aimed to discuss the main findings on physiotherapeutic management of the main functional changes in post-COVID-19 patients after hospitalization discharge. The study was edited following the PRISMA checklist.

Data extraction

Information about the chosen works was summarized in a standard form, organized in order to extract the data considered relevant from each of the studies. The objective was to structure the data and ensure consistency in the extraction process. The information extracted from each study was: general information (author, year of publication, objective, sample and results). In the data extracted for the systematic review, the results of the articles were presented according to the original articles. In the topic results, Table 1. there is a summary of the studies selected for the systematic review.

Research strategy and selection of studies

A systematic literature search was carried out from January 2021 to June 2022 in Pubmed, Scielo, Science-direct, BVS and PEDro databases. Searches for articles were performed restricting the period of publication between the years 2019 to 2022. The keywords used were: Rehabilitation, Physical Therapy Modalities, Covid-19, Post-acute Syndromes COVID-19, Physical Fitness. To cross the terms, the Boolean operators (AND and OR) were used. For data extraction, the above-mentioned keywords were used. Next, Table 1 shows the number of articles extracted from each database.

Eligibility criteria

Only studies that investigated the physical therapy management of the main functional, such as: Changes in muscle strength, balance, fatigue, gait deficit, changes in activities of daily living and limitation of range of motion, changes in post-Covid-19 patients were defined as eligibility criteria. Randomized trials, recommendations

Table 1 Number of articles extracted from each database

Bases	Number	excluded by duplicity	excluded by title	excluded by summary	full text excluded	accepted
PubMed	174	2	128	25	17	2
Scielo	6	1	1	1	3	0
Science Direct	132	5	72	32	22	1
BVS	31	3	14	9	4	1
PEDro	21	3	14	2	1	1
Total	364	14	229	69	47	5

quasi-randomized or prospective controlled trials, reports, guidelines and field research were included. As for the selected population, studies involving individuals of both sexes were included, with no age restriction. Literature reviews, case studies, conferences, abstracts of articles published in conference proceedings and letters to the editor were excluded from the research.

Study selection procedures

The selection of studies took place in three stages: search and identification of studies, removal of duplicates and reading of articles. The stage of searching the databases consisted of obtaining titles after performing the searches in the databases and applying filters, such as: publication period, publication language and type of publication, as well as the analysis of eligibility criteria. The step of removing duplicates consisted of searching for duplicate references in the totality of titles obtained, through the Mendeley reference manager, after this verification, only one title was kept and its copies were excluded. Two independent reviewers checked full texts using titles and abstracts. Studies that met our eligibility criteria were included in this review and when there were discrepancies between reviewers these were resolved by a third reviewer.

Assessment of the methodological quality of the studies

The evaluation of the methodological quality of the selected articles was performed using the PeDro scale. The scale consists of 11 questions about the study, of which 10 are scored, each item corresponds to 1 point when it reaches its objective, with the exception of item 1, which is not scored. Thus, the total score can vary from 0 (zero) to 10 (ten) points, where 9–10 points correspond to excellent quality, 8–9 points correspond to good quality, 4–5 points correspond to reasonable quality and below 3 points are classified as studies of low methodological quality. Studies with a PEDro scale ≥ 4 points were included in the present study, indicating an acceptable quality for inclusion [13]. The PEDro scale is composed of the following criteria: 1) specification of the inclusion

criteria (unscored item); 2) random allocation; 3) allocation secrecy; 4) similarity of groups in the initial or baseline phase; 5) masking of subjects; 6) masking of the therapist; 7) blinding of the evaluator; 8) measurement of at least one primary outcome in 85% of the allocated subjects; 9) intention-to-treat analysis; 10) comparison between groups of at least one primary outcome and 11) reporting of variability measures and estimation of parameters of at least one primary variable.

Outcome measures

The primary outcome was physical therapy rehabilitation on functional changes in post-COVID-19 patients measured by comparing different physical therapy protocols, between remote and face-to-face physical therapy protocols, or physical therapy protocols compared with no protocol, and the results were measured using scales and assessment tests, such as: Mini BestTest and the Timed Up and Go, Post-COVID-19 Functional Status Scale questionnaire, Borg scale. We organized treatment effects into three categories: (1) Physiotherapeutic protocols for post-COVID-19 rehabilitation; (2) Benefits of Physiotherapy for post-COVID-19 rehabilitation; (3) main post-covid-19 functional sequelae.

Analysis of results and data

The variables analyzed in the articles were performed from the main outcome addressed in this study and are addressed in the form of a table, described according to the evaluated categories. Possible relationships between the included studies were clarified throughout the text, explaining their characteristics. It was not possible to carry out a meta-analysis, due to the heterogeneity of the information found and the incompleteness of the data, the results were presented as descriptive data.

Results

In this section, the results obtained in this research will be presented, after reading all the articles eligible for analysis.

The analyzed population consisted of participants of both sexes in the post-COVID-19 rehabilitation process, with functional alterations (deficit in gait, strength, balance or reduced quality of life). The study included 302 adults, aged between 18 and 75 years, it was not possible to quantify how many men and how many women participated in the studies respectively, who were diagnosed with COVID-19.

One study assessed functional capacity through the 6-min walk test Li et al. (2022) [14]. Another study PEHLIVAN et al., (2022) [15] investigated the functional performance of participants through a battery of short-term tests: 30-s sit-to-stand test, lower limb strength, baseline visual analogue scale fatigue score, and modified dyspnea score. No significant differences were found in the performance tests, however the visual analogue scale fatigue score was similar, the mMRC score was higher in the TG ($p = 0.012$).

Another study, Nambi et al. (2022) [16], evaluated muscle strength, muscle mass and quality of life. strength was measured with a portable dynamometer (Camry digital hand dynamometer, EH 101–17). Quality of life: It was subjectively measured using the Sarcopenia and Quality of Life (SarQoL) questionnaire. After high and low intensity exercise. Strength improved in the handgrip strength group improved more ($P < 0.001$) in the low-intensity aerobic training group than in the high-intensity aerobic training group, but not in the amount of muscle. Quality of life showed greater improvement ($P < 0.001$) in the low-intensity group than in the high-intensity group.

Outro estudo, Foged et al. 2021 [17], realizou um protocolo intervalado de alta intensidade (HIIT). Foi utilizado três protocolos, com duração do exercício (38 min). Um aquecimento de 10 minutos foi seguido por um bloco de exercícios intervalados, com duração entre 21 e 25 minutos dependendo do protocolo específico, com o objetivo de avaliar a tolerância do exercício em pacientes pós-COVID-19. Outro estudo, Giardina et al. (2022), avaliaram o equilíbrio com uma plataforma estabilométrica, enquanto o equilíbrio dinâmico foi avaliado com o Mini BESTest e o teste Timed Up and Go.

Another study, Foged et al. 2021 [17], performed a high-intensity interval protocol (HIIT), three protocols were used, with exercise duration (38 min). A 10-min warm-up was followed by an interval exercise block, lasting between 21 and 25 min depending on the specific protocol, with the aim of assessing exercise tolerance in post-COVID-19 patients. Another study, Giardina et al. (2022) assessed balance with a stabilometric platform, while dynamic balance was assessed with the Mini BESTest and the Timed Up and Go test.

Regarding the protocols used, two articles by Giardina et al. (2022) and Nambi et al. (2022) [16], provided a

description of the intervention groups, types of therapy and form of application. The article by Giardina et al. (2022) showed that there was a significant difference in the time taken to perform the TUG test between groups ($P < 0.0001$); in post-hoc, PwCOVID and PwAECOPD did not differ significantly ($P = 0.274$), while healthy subjects performed better than PwCOVID ($P < 0.0001$) and PwAECOPD ($P = 0.008$). As for the Mini-BESTest, and also in the TUG test, the effect size of the differences between post-COVID-19 and healthy individuals was greater than 0.8. The article by Nambi et al. (2022) [16], showed that after 6 months of intervention there was a significant improvement related to strength and quality of life in the low-intensity exercise group compared to the high-intensity group, with p value. 0.003. Three other studies, PEHLIVAN et al., (2022) [15], Foged et al. 2021 [17] and Li et al. (2022) [14] did not provide the description of the intervention groups, nor types of therapy nor how they were applied. The sample was calculated in only one article Foged et al. 2021 [17].

Due to the heterogeneity of clinical trials in terms of types of protocols, participant characteristics, interventions and comparison groups, the types of protocols used in the functional rehabilitation of post-COVID-19 individuals remain uncertain. In addition, most studies analyzed some of their outcomes based on statistical significance, but it was not possible to calculate the magnitude of the treatment effect.

Search results

The electronic search strategy identified a total of 364 records from the selected databases. After screening for duplicates, 14 articles were excluded, followed by the screening by titles and abstracts, another 298 articles were excluded, of these 47 potentially relevant records were submitted to full text review and of these, 5 articles of a scientific nature, of the type essays Randomized clinicians were included for the qualitative synthesis of this review. The detailed flowchart of the search strategy is shown in Fig. 1.

The Kappa score was used to evaluate the extracted data and verify the agreement between the evaluators regarding the inclusion and exclusion of the studies. it was observed that evaluator 1 decided to include 10 articles and evaluator 2 to include 7, and for 5 articles there was a concordant decision on inclusion. The non-inclusion results were concordant for 352 articles. For 7 articles there was disagreement for inclusion, and for 5 articles evaluator 1 decided for inclusion and evaluator 2 did not, and for 2 articles evaluator 2 decided for inclusion and evaluator 1 did not. The results of this analysis are shown in Table 2.

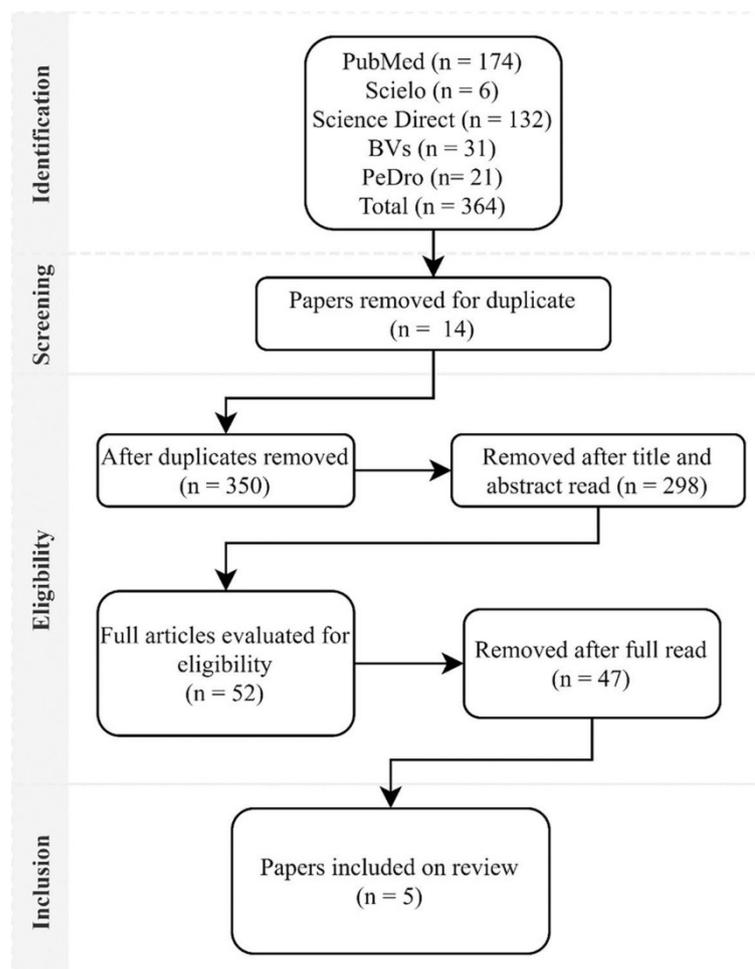


Table 2 Kappa agreement values

Studies	Feature evaluated	Cohen's K	IC95%	Result
364	Decision for inclusion/exclusion	0,5788,876,276,957,998	98,11320754716981%	moderate concordance

Main findings of selected studies

The eligible clinical studies selected for this systematic literature review were characterized according to the following variables analyzed: year of publication of the study, objective, sample size, intervention and main results found in each study, as shown in Table 3.

Results of the evaluation of the methodological quality of the studies using the PEDro scale

The articles were grouped according to the methodological quality assessment, according to the analysis of the PEDro

scale items. According to the PEDro scale classification, one study reached 8 points, two studies reached 7 points, one reached 6 points and one reached 5 points. No studies reported conflicts of interest or funding related to commercial interests. The items that verify the quality of the studies are listed in Table 4, and are explained in the topic: Assessment of the methodological quality of the studies.

Discussion

In Li et al. (2022) [14], they performed a 6-week telerehabilitation program that was compared with control (i.e., short educational instruction) for COVID-19 survivors

Table 3 Summary of the studies selected for this systematic review on the physiotherapeutic management of the main functional changes after covid-19

Author/Year	Aim	Sample	Intervention	Outcome measures
Li et al. (2022) [14]	To investigate the superiority of a telerehabilitation program for COVID-19 over no rehabilitation	Total: 120 GE 59 GC 61	GE: Performed 6-week unsupervised home exercises, delivered via a smartphone app called RehabApp GC: Received short educational instructions at baseline	6-min walk test (6MWT), squat in seconds; lung function assessed by spirometry; HRQoL measured with Short Form Health Survey-12 (S 12) and mMRC-dyspnoea
PEHLIVAN et al., (2022) [15]	examined the effectiveness of some online performance tests on Covid-19 cases in showing the physical performance changes of cases	Total: 21 GE 11 GC 10	The EG received breathing exercises, active breathing cycle techniques, range of motion and light aerobic exercises. The GC, on the other hand, received a leaflet with information about basic exercises that can be done at home and about the disease	30-s sit-to-stand test; short-term performance test; Consultation of fatigue on visual analogue scale and dyspnea scale (mMRC)
Nambi et al. (2022) [16]	To compare the clinical and psychological effects of low-intensity and high-intensity aerobic training combined with resistance training in community-dwelling elderly men with symptoms of post-COVID-19 sarcopenia	Total: 76 G1: 38 G2 38	G1: Received low-intensity aerobic training for eight weeks G2: received high-intensity aerobic training for eight weeks	Muscle quantity: magnetic resonance imaging; Hand grip strength: portable dynamometer (Camry digital hand dynamometer, EH 101-17);(RM) Quality of life: Sarcopenia and Quality of Life questionnaire (SarQoL); Kinesiophobia: The Tampa Scale of Kinesiophobia – 11; perceived exertion (RPE); (Borg scale 6-20) and Likert scale
Foged et al. 2021 [17]	Investigate the fidelity, tolerability and safety of three different training protocols high intensity interval (HIIT) in individuals who have been hospitalized due to COVID-19	Total: 10	A randomized crossover trial was performed to compare three supervised HIIT protocols (4 × 4, 6 × 1, 10-20-30) in 10 subjects who were recently discharged after hospitalization for severe COVID-19	Muscle quantity: magnetic resonance imaging; Hand grip strength: portable dynamometer (Camry digital hand dynamometer, EH 101-17);(RM) Quality of life: Sarcopenia and Quality of Life questionnaire (SarQoL); Kinesiophobia: The Tampa Scale of Kinesiophobia – 11; perceived exertion (RPE); (Borg scale 6-20) and Likert scale
Giardinia et al. (2022)	To assess balance in patients with post-acute COVID-19 compared with patients with acute exacerbation of chronic obstructive pulmonary disease and healthy subjects	Total: 75 G1: 25 G2 25 G3: 25	All individuals underwent specific tests to assess balance and, at the end, comparative tests were performed between the groups	Mini Balance Evaluation Systems Test (Mini-BESTest) and Timed Up and Go (TUG),

GC Control Group, GE Experimental Group, G1 Group 1, G2 Group 2, G3 Group 3

Table 4 Methodological evaluation of studies using the PEDro scale

Author/year	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	revisor 1 Total
Li et al., (2022) [14]	X	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	7/10
PEHLIVAN et al., (2022) [15]	X	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	6/10
Nambi et al., (2022) [16]	X	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	8/10
Foged et al., (2021) [17]	X	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	7/10
Giardini et al., (2022)	X	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	5/10

1-11 PEDro scale evaluation criteria

after hospital discharge. The rehabilitation protocol consisted of home exercises with sessions that lasted from 40 to 60 min through a smartphone application. Participants were instructed to monitor and record oxygen saturation before and after exercise using a finger pulse oximeter. Telemetry was used with the aim of monitoring the heart rate of the study volunteers during the execution of the proposed exercises. The application used in the study provided participants with instructions on telemetry adjustments, execution of the exercise program, and notified participants regarding exercise start times. Sessions were conducted via smartphone or voice calls on a smartphone communication application. The application also allowed participants to send their feedback regarding the usability of the application. This study demonstrated superiority of the telerehabilitation program over no rehabilitation for 6MWD, LMS and physical HRQoL.

Pehlivan et al. (2022) [15] carried out a study that consisted of a 6-week telerehabilitation program with breathing exercises, lower and upper limb exercises, walking exercises and wall squats. This protocol was compared with no intervention in post-COVID-19 patients after hospital discharge. Participants in the experimental group were instructed to perform exercise sessions three times a week through videoconferencing. Participants in the control group received educational material with information about the disease and some basic exercises that could be performed at home. All participants were evaluated by video calls without face-to-face meetings. The authors reported that, in general, the online exercise program has a positive effect on the physical performance of Covid 19 cases, corroborating the study by Li et al. who showed that a telerehabilitation program over no rehabilitation is superior in post-COVID-19 patients. 19. The combination of these two studies suggests that exercise performed via telerehabilitation may benefit individuals with post-COVID-19 sequelae.

In the study by Nambi et al. (2022) [16], a study was conducted with elderly men with symptoms of sarcopenia post-COVID-19 to compare the clinical and psychological effects of low- and high-intensity aerobic training combined with resistance training for 8 weeks.

The authors observed that there was a significant difference between the groups. At the end of six months of follow-up, the low-intensity aerobic training group was superior to the high-intensity aerobic training group, but there was no difference in the muscle mass variable in both groups. In view of the results found, the authors reported that low-intensity aerobic training exercises are more effective in improving clinical (muscular strength) and psychological measures (kinesiophobia and quality of life) than high-intensity aerobic training in post-COVID sarcopenia 19. This study was the only one that compared sarcopenia in isolation in post-COVID-19 patients.

Foged et al. (2021) [17], performed a randomized crossover study, where they compared three high-intensity interval training (HIIT) protocols, the duration of the three HIIT protocols was combined with the duration of the 38-min exercises. Patients participated in the study reporting the feeling of weakness when performing exercises after COVID-19, the results demonstrate that the use of the three protocols is considered safe and tolerable, with no adverse events occurring during training. The study highlights that the use of HIIT protocols should be considered and used in future clinical trials in the rehabilitation of post-COVID-19 patients. Considering the small sample size and that this study was the only selected one that tested post-COVID-19 HIIT protocols in a supervised way, the authors also investigated the fidelity, tolerability and safety of three HIIT protocols with different working periods, or intensity, allowing comparisons between protocols. However, it was not possible to compare the results of this study with others in this review due to differences in the variables analyzed.

The study by Giardini et al. (2022) aims to understand the deficiencies and outline a rehabilitation protocol aimed at the specific needs of patients, the authors carried out an unprecedented study and compared the static and dynamic balance of healthy people, of individuals with lung disease and individuals with COVID-19. Static balance with eyes open and closed was assessed using a stabilometric platform and dynamic balance using the Mini BestTest and the Timed Up and Go. The findings show that both groups formed by patients showed worse

performance in both static and dynamic balance, highlighting the importance not only of respiratory rehabilitation, but also of protocols aimed at balance and mobility training, preventing patients from suffering episodes of fatigue in the future. falls related to balance deficit.

In general, the studies described in this review evaluated physical exercises in post-COVID-19 patients, with the objective of evaluating the following variables: physical performance, sarcopenia, sensation of weakness, mobility and balance, in addition to the tolerability and benefits of rehabilitation protocols for individuals who have had COVID-19 infection. Of the selected studies, two were carried out through platforms for tele-rehabilitation and three in face-to-face consultations. In conclusion, exercise programs performed can improve functional capacity and quality of life compared to the absence of rehabilitation or compared to control groups, in people with post-COVID-19 conditions.

Through the evaluation of the selected studies, the importance of rehabilitation and improvement of the quality of life of patients who underwent physical therapy treatment due to changes in COVID-19 was observed. With this, we can certify the resulting impact of the rehabilitation process on the clinical treatment of the patient, improving and helping even more in the treatment of other areas of health such as medicine and multidisciplinary areas, in addition to stimulating the search for knowledge and research in this topic.

The most important limitation of this study is the high heterogeneity of the selected studies, especially among the different evaluation methods used. Assessing methodological quality in the reviewed studies was difficult because different designs were identified, due to this limitation the PeDro scale was added. Another important limitation is that not all studies have reported in detail the functional and mainly motor sequelae, nor the detailed treatment protocols of the research participants, making it impossible to know the real situation of the functional capacity of individuals who had COVID-19. Therefore, our study suggests conducting new clinical trials that seek to elucidate this limitation so that in the future it will be possible to outline individualized rehabilitation protocols focused on the changes presented by this population.

Conclusion

In conclusion, physiotherapy is an important and necessary intervention for the rehabilitation of sequelae from COVID-19. After evaluation, it was observed that the protocols used in studies for the rehabilitation of individuals with conditions inherent to COVID-19 that were explained in this review, present safe results.

However, it is important to carry out new studies that present greater methodological rigor, larger sample numbers and analysis of other important outcomes such as: patient satisfaction with rehabilitation, level of functional independence and guidelines for post-COVID-19 motor exercise protocols, since in the literature there is already an important number of studies that report respiratory and hospital rehabilitation. These studies can help verify the safety and efficacy of physical therapy rehabilitation in individuals with functional sequelae from COVID-19, making this rehabilitation process more effective and with reliable results.

Supplementary Information

The online version contains supplementary material available at <https://doi.org/10.1186/s12879-023-08313-w>.

Additional file 1.

Additional file 2.

Acknowledgements

"This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Finance Code 001".

Authors' contributions

It is declared that all the authors listed in this study contributed intensely to the elaboration, realization, manipulation of data, writing of the work and critical reading. Here's the detail: Perez, A.M.C—contributed to the writing of the text and the critical review of the article; Macêdo, L.P.G—contributed to the writing of the article's text; Chaves, A.C.F—contributed to the writing of the text of the article; Silva, M.B.C—contributed to the preparation of figures and formatted the article; Dutra, R.A.F—contributed to the critical review of the article; Rodrigues, M.A.B—contributed to the critical review of the article. All authors reviewed the manuscript. The author(s) read and approved the final manuscript.

Funding

Responsible Researcher: Amanda Maria da Conceição Perez
I declare that the aforementioned study will have the following funding condition: Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel, 001.

Availability of data and materials

The entire dataset supporting the results of this study was published in the article itself.

Declarations

Ethical approval and consent to participate

Not applicable.

Consent for publication

Not applicable.

Competing interests

The authors declare no competing interests.

Author details

¹Department of Biological Sciences, Federal University of Pernambuco, Recife, Brazil. ²Department of Electronics and Systems, Federal University of Pernambuco, Recife, Brazil. ³Department of Biomedical Engineering, Federal University of Pernambuco, Recife, Brazil.

Received: 24 September 2022 Accepted: 8 May 2023
Published online: 16 August 2023

References

- Piquet V, Luczak C, Seiler F, Monaury J, Martini A, Ward AB, Gracies JM, Motavasseli D; Covid Rehabilitation Study Group. Do Patients With COVID-19 Benefit from Rehabilitation? Functional Outcomes of the First 100 Patients in a COVID-19 Rehabilitation Unit. *Arch Phys Med Rehabil.* 2021;102(6):1067–74. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2021.01.069>. Epub 2021 Feb 4. PMID: 33548208; PMCID: PMC7857996.
- Razai MS, et al. Coronavirus disease 2019 (covid-19): a guide for UK GPs. *BMJ.* 2020;m800.
- Giardini M, Arcolin I, Guglielmetti S, Godi M, Capelli A, Corna S. Balance performance in patients with post-acute COVID-19 compared to patients with an acute exacerbation of chronic obstructive pulmonary disease and healthy subjects. *Int J Rehabil Res.* 2022;45(1):47–52. <https://doi.org/10.1097/MRR.0000000000000510>.
- Stillman MD, Capron M, Alexander M, Di Giusto ML, Scivoletto G. COVID-19 e lesão medular e doença: resultados de uma pesquisa internacional. *Casos da medula espinhal Ser.* 2020; 6 (1): 21. Published 2020 Apr.
- Baig AM, Khaleeq A, Ali U, Syeda H. Evidence of the COVID-19 Virus Targeting the CNS: Tissue Distribution, Host–Virus Interaction, and Proposed Neurotropic Mechanisms. *ACS Chem Neurosci.* 2020;11:995.
- Brazilian Society of Geriatrics and Gerontology (SBGG). Position on COVID-19 Update 03/15/2020. Initial. Available at: <https://sbgg.org.br/posicionamento-sobre-covid-19-sociedade-brasileira-de-geriatria-e-gerontologia-sbgg-atualizacao-15-03-2020/>.
- Docherty AB, Harrison EM, Green CA, Hardwick HE, Plus R, Norman L, Holden KA, Read JM, Dondelinger F, Carson G, Merson L, Lee J, Plotkin D, Sigfrid L, Halpin S, Jackson C, Gamble C, Horby PW, Nguyen-Van-Tam JS, Ho A, Russell CD, Dunning J, Openshaw PJ, Baillie JK, Semples MG; ISARIC4C investigators. Features of 20 133 UK patients in hospital with covid-19 using the ISARIC WHO Clinical Characterisation Protocol: prospective observational cohort study. *BMJ.* 2020 May 22;369:m1985. <https://doi.org/10.1136/bmj.m1985>. PMID: 32444460; PMCID: PMC7243036.
- Martinez BP, et al. Role of the Physiotherapist in different scenarios of action against COVID-19. *ASSOBRAFIR Sci.* 2020;11(Suppl1):27.
- Fraga-maia, h.; Pinto, E. B.; hallelujah, i. L.O.L.; Cavalcanti, I. L.R. Pedreira, r. B.S.; Silva, t. From J.; souza, t. S. From; Pinto, J. M.; Junior pinto, e.g. P. Physiotherapy and covid-19: from systemic repercussions to challenges for offering rehabilitation. *Salvador BA. V. 1. C. 11, edufba.* 2020.
- Belli S, Balbi B, Prince I, Cattaneo D, Masocco F, Zaccaria S, et al. Baixo funcionamento físico e desempenho prejudicado das atividades da vida diária em pacientes com COVID-19 que sobreviveram à hospitalização. *Eur Respir J.* 2020;56:2002096.
- REMEDY MED. Performance of physiotherapy in the symptoms of coronavirus. *Heal health.* 2020. Available at: Accessed 14 Aug 2023.
- Duan YN, Qin J. Pre- and Posttreatment Chest CT Findings: 2019 Novel Coronavirus (2019-nCoV) Pneumonia. *Radiology.* 2020;295(1):21. <https://doi.org/10.1148/radiol.2020200323>.
- Shiwa SR, Costa LOP, Moser AD de L, Aguiar I de C, Oliveira LVF de. PEDro: a base de dados de evidências em fisioterapia. *Fisioter mov.* 2011;24(Fisioter. mov., 2011 24(3)):523–33. Available from <https://doi.org/10.1590/S0103-51502011000300017>
- Li J, Xia W, Zhan C, Liu S, Yin Z, Wang J, Chong Y, Zheng C, Fang X, Cheng W, Reinhardt JD. A telerehabilitation programme in post-discharge COVID-19 patients (TERECO): a randomised controlled trial. *Thorax.* 2022 ;77(7):697–706. <https://doi.org/10.1136/thoraxjnl-2021-217382>. Epub 2021 Jul 26. PMID: 34312316; PMCID: PMC8318721.
- Pehlivan E, Palalı İ, Atan SG, Turan D, Çınarka H, Çetinkaya E. The effectiveness of POST-DISCHARGE telerehabilitation practices in COVID-19 patients: Tele-COVID study-randomized controlled trial. *Ann Thorac Med.* 2022;17(2):110–7. https://doi.org/10.4103/atm.atm_543_21. Epub 2022 Apr 19. PMID: 35651892; PMCID: PMC9150661.
- Nambi G, Abdelbasset WK, Alrawaili SM, Elsayed SH, Verma A, Vellaiyan A, Eid MM, Aldhafian OR, Nwihadh NB, Saleh AK. Comparative effectiveness study of low versus high-intensity aerobic training with resistance training in community-dwelling older men with post-COVID 19 sarcopenia:

Ready to submit your research? Choose BMC and benefit from:

- fast, convenient online submission
- thorough peer review by experienced researchers in your field
- rapid publication on acceptance
- support for research data, including large and complex data types
- gold Open Access which fosters wider collaboration and increased citations
- maximum visibility for your research: over 100M website views per year

At BMC, research is always in progress.

Learn more biomedcentral.com/submissions



APENDICE 5 - ARTIGO ORIGINAL ENVIADO

Monitoramento Remoto de Exercícios Terapêuticos para Reabilitação Funcional Pós-COVID-19: Um Estudo Piloto com Acelerometria

Remote Monitoring of Therapeutic Exercises for Post-COVID-19 Functional Rehabilitation: A Pilot Study with Accelerometry