

UNIVERSIDADE FEDERAL DO TRIÂNGULO MINEIRO

RAYSSA SOARES DE QUEIROZ

**IDENTIFICAÇÃO DE SINAIS DE ACELEROMETRIA COMO BIOMARCADORES
DIGITAIS DE MOBILIDADE EM PESSOAS COM ESCLEROSE MÚLTIPLA**

UBERABA

2024

Rayssa Soares de Queiroz

**IDENTIFICAÇÃO DE SINAIS DE ACELEROMETRIA COMO BIOMARCADORES
DIGITAIS DE MOBILIDADE EM PESSOAS COM ESCLEROSE MÚLTIPLA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Educação Física, área de concentração “Educação Física, Esporte e Saúde” (Linha de Pesquisa: Epidemiologia da Atividade Física) da Universidade Federal do Triângulo Mineiro, como requisito parcial para obtenção do título de mestre.

Orientador: Dr. Jeffer Eidi Sasaki

UBERABA

2024

**Catálogo na fonte: Biblioteca da Universidade Federal do
Triângulo Mineiro**

Q47i Queiroz, Rayssa Soares de
Identificação de sinais de acelerometria como biomarcadores digitais de
mobilidade em pessoas com esclerose múltipla / Rayssa Soares de Queiroz.
-- 2024.
125 f. : il., fig., graf., tab.

Dissertação (Mestrado em Educação Física) -- Universidade Federal do
Triângulo Mineiro, Uberaba, MG, 2024
Orientador: Prof. Dr. Jeffer Eidi Sasaki

1. Esclerose múltipla. 2. Biomarcadores. 3. Limitação da mobilidade. I.
Sasaki, Jeffer Eidi. II. Universidade Federal do Triângulo Mineiro. III. Título.

CDU 616.8

Rayssa Soares de Queiroz

**IDENTIFICAÇÃO DE SINAIS DE ACELEROMETRIA COMO BIOMARCADORES
DIGITAIS DE MOBILIDADE EM PESSOAS COM ESCLEROSE MÚLTIPLA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Educação Física, área de concentração “Educação Física, Esporte e Saúde” (Linha de Pesquisa: Epidemiologia da Atividade Física) da Universidade Federal do Triângulo Mineiro, como requisito parcial para obtenção do título de mestre.

Aprovada em 28 de Fevereiro de 2024

Banca Examinadora:

Dr. Jeffer Eidi Sasaki – Orientador
Universidade Federal do Triângulo Mineiro

Dr. Jair Sindra Virtuoso Júnior
Universidade Federal do Triângulo Mineiro

Dr. Paulo Roberto dos Santos Amorim
Universidade Federal de Viçosa

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pois sem Ele nada é possível.

Agradeço à minha família: meus pais, Valter e Januza, minha irmã Geovanna, meus avós, minhas madrinhas e meu namorado que foram verdadeiros alicerces durante toda essa jornada acadêmica. O apoio incondicional, o incentivo e a compreensão durante os desafios enfrentados foram fundamentais para que eu chegasse até aqui. Essa conquista é nossa!

Agradeço ao meu orientador Jeffer Sasaki, por todo conhecimento compartilhado.

Agradeço aos voluntários da pesquisa, aos neurologistas Marlos Aureliano e Rogério Rizo pelo auxílio no recrutamento, e à equipe de coleta de dados.

Agradeço à Universidade Federal do Triângulo Mineiro, à Universidade Federal de Uberlândia e à Universidade de Patos de Minas pelo acesso concedido aos laboratórios, possibilitando a realização das coletas necessárias para este estudo.

Agradeço à CAPES pela concessão da bolsa, que possibilitou meu envolvimento nesse projeto e enriqueceu minha experiência acadêmica.

Agradeço a todos que, de alguma maneira, contribuíram para a realização deste trabalho. Cada palavra de incentivo foi crucial ao longo dessa trajetória.

RESUMO

Esta dissertação tem como objetivo principal identificar biomarcadores digitais de mobilidade em indivíduos com esclerose múltipla. Foi realizada uma revisão integrativa da literatura, na qual foram abordadas medidas objetivas, como acelerômetros e unidades de medição inercial (IMUs), que mostraram sensibilidade em avaliar a marcha, equilíbrio e mobilidade. A revisão evidenciou que a alta granularidade desses dispositivos permitiu a identificação de biomarcadores digitais, como a velocidade de caminhada, a contagem de passos e o índice de marcha, considerados seguros e eficazes, para monitorar o grau de mobilidade relacionado a severidade e progressão das complicações da esclerose múltipla. O segundo estudo desta dissertação foi um estudo original, o qual teve a participação de 54 participantes adultos com esclerose múltipla remitente recorrente. Os participantes responderam questionários autorrelatados, dentre eles a Escala de Graus de Doença Determinados pelo Paciente (PDDS), uma ferramenta de avaliação usada para medir a progressão da esclerose múltipla com base na perspectiva do paciente. Eles também realizaram o Short Physical Performance Battery (SPPB), o Timed Up and Go (TUG) e o Teste de Caminhada de 6 Minutos (TC6M). Além disso, os participantes utilizaram um acelerômetro ActiGraph GT9X-Link por um período de 7 dias. Para avaliar a associação das variáveis de acelerometria em ambiente livre com o grau de mobilidade, foram realizadas análises de correlação de Rho de Spearman do PDDS e do EDSS com os testes realizados e as variáveis dos acelerômetros, além de regressões lineares entre variáveis dependentes (PDDS, TUG e TC6M) e várias variáveis independentes. Os resultados evidenciaram correlações negativas entre a distância percorrida no TC6M e as avaliações da Escala de Graus de Doença Determinados pelo Paciente (PDDS) ($-0,448$, $p = 0,002$) e da EDSS ($r = -0,503$, $p < 0,001$). A velocidade durante o TC6M também apresentou correlações negativas com a PDDS ($-0,448$, $p = 0,002$) e com a EDSS ($-0,503$, $p < 0,001$). Na análise de regressão linear, o modelo explicou, no terceiro bloco, 46,8% da variação na PDDS ($-0,002$, $p = 0,011$), sendo que o Pico de Cadência de 30 Minutos (PC30M) foi identificado como um preditor significativo da PDDS. Esses resultados ressaltam a importância do PC30M como um biomarcador digital de mobilidade para auxiliar na compreensão da severidade da esclerose múltipla e na identificação de estratégias terapêuticas para melhorar a qualidade de vida e a mobilidade dos pacientes.

Palavras-chave: Esclerose múltipla; biomarcadores digitais; limitação da mobilidade.

ABSTRACT

The main objective of this dissertation is to identify digital biomarkers of mobility in individuals with multiple sclerosis. An integrative literature review was carried out, which looked at objective measures such as accelerometers and inertial measurement units (IMUs), which have shown sensitivity in assessing gait, balance and mobility. The review showed that the high granularity of these devices allowed the identification of digital biomarkers, such as walking speed, step count and gait index, which are considered safe and effective for monitoring the degree of mobility related to the severity and progression of multiple sclerosis complications. The second study in this dissertation was an original study involving 54 adult participants with relapsing remitting multiple sclerosis. The participants completed self-reported questionnaires, including the Patient Determined Disease Scale (PDDS), an assessment tool used to measure the progression of multiple sclerosis based on the patient's perspective. They also performed the Short Physical Performance Battery (SPPB), the Timed Up and Go (TUG) and the 6 Minute Walk Test (6MWT). The participants also wore an ActiGraph GT9X-Link accelerometer for a period of 7 days. In order to assess the association between the accelerometry variables in a free environment and the degree of mobility, Spearman's Rho correlation analyses of the PDDS and EDSS were carried out with the tests performed and the accelerometer variables, as well as linear regressions between dependent variables (PDDS, TUG and 6MWT) and various independent variables. The results showed negative correlations between the distance covered in the 6MWT and the Patient Determined Disease Scale (PDDS) (-0.448 , $p = 0.002$) and the EDSS ($r = -0.503$, $p < 0.001$). Speed during the 6MWT was also negatively correlated with PDDS (-0.448 , $p = 0.002$) and EDSS (-0.503 , $p < 0.001$). In the linear regression analysis, the model explained 46.8% of the variation in PDDS in the third block (-0.002 , $p = 0.011$), and Peak 30-Minute Cadence (PC30M) was identified as a significant predictor of PDDS. These results highlight the importance of PC30M as a digital mobility biomarker to help understand the severity of multiple sclerosis and identify therapeutic strategies to improve patients' quality of life and mobility.

Keywords: Multiple sclerosis; digital biomarkers; mobility limitation.

LISTA DE FIGURAS

ARTIGO 1

1. Figura 1. Diagrama de Fluxo PRISMA. ----- 22

ARTIGO 2

1. Figura 1 – Etapas do Estudo ----- 54
2. Figura 2 – Processo de Coleta em Vida Livre ----- 55
3. Gráfico 1. Média de Tempo Gasto por Banda de Cadência ----- 64

LISTA DE TABELAS

ARTIGO 1

1. Tabela 1 - Artigos incluídos na revisão integrativa ----- 24

ARTIGO 2

1. Tabela 1. Caracterização da Amostra (n = 54) ----- 62
2. Tabela 2. Correlação Rho de Spearman ----- 65
3. Tabela 3. Regressão Linear com PDDS como Variável Dependente ----- 67
4. Tabela 4. Regressão Linear com TUG como Variável Dependente ----- 68
5. Tabela 5. Regressão Linear com TC6M como Variável Dependente ----- 69

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

30CST: 30-Second Chair Stand Test

6MWT: 6-Minute Walk Test (Teste de Caminhada de 6 Minutos)

ABC: Activity Specific Balance Confidence Scale

AFMV: Atividade Física Moderada Vigorosa

BS: Bouts Sandroff.

CL: Caminhada Lenta

CM: Caminhada Média

CMO: Caminhada Moderada

CMP: Contagem Máxima de Passos

CR: Caminhada Rápida

CS: Comportamento Sedentário

EDSS: Expanded Disability Status Scale

FSMC: Fatigue Scale for Motor and Cognitive Functions

GSLTPAQ: Godin-Shephard Leisure-Time Physical Activity Questionnaire

IMC: Índice de Massa Corporal

IMUs: Unidades de Medição Inercial

ME: Movimento Esporádico

MFIS: Escala Modificada de Impacto de Fadiga

MI: Movimento Incidental

MP: Movimento Proposital

MSWS-12: Multiple Sclerosis Walking Scale-12

NM: Número de Medicamentos

PC30M: Pico de Cadência de 30 Minutos

PDDS: Patient Determined Disease Steps Scale

PHQ-9: Patient Health Questionnaire-9

PPDVL: Passos Por Dia em Vida Livre

PPMVL: Passos Por Minuto em Vida Livre

PRISMA: Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta – Analyses

SF-36: 36-Item Short Form Survey

SM: Sem Movimento

SNC: Sistema Nervoso Central

SPPB: Short Physical Performance Battery

T25FW: Timed 25-Foot Walk Test

TC6M: Teste de Caminhada de 6 Minutos

TD: Tempo de Diagnóstico (Meses)

ToF: Tempo de Voo

TUG: Timed Up and Go

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	ARTIGOS PRODUZIDOS	16
2.1	ARTIGO 1	16
2.2	ARTIGO 2	47
3	CONSIDERAÇÕES FINAIS	83
	REFERÊNCIAS	84
	APÊNDICES	92
	ANEXOS	108

1 INTRODUÇÃO

A esclerose múltipla é uma doença imunomediada e inflamatória crônica, definida pela inflamação do Sistema Nervoso Central (SNC), causando lesões neurais (Guerreiro *et al.*, 2019). Essas lesões acarretam problemas no sistema autônomo e sensorio-motor, distúrbios visuais, ataxia, fadiga, dificuldades de raciocínio e problemas emocionais e, conseqüentemente, afetam a mobilidade, a cognição e a qualidade de vida do indivíduo (Santos, 2019).

O comprometimento da mobilidade é uma das disfunções mais recorrentes e altamente prevalente em pessoas com esclerose múltipla, já que a diminuição no controle neural prejudica as funções motoras, afetando a marcha, o equilíbrio e a mobilidade (Kamm, 2014). Existem medidas objetivas, como acelerômetros e unidades de medição inercial (IMUs) que podem ajudar no monitoramento da mobilidade de pessoas com esclerose múltipla, por serem altamente sensíveis e avaliarem a qualidade e o desempenho da marcha, como a sua variabilidade e a sua assimetria (Frechette, 2019; Lord, Galna e Rochester, 2013).

A capacidade dos acelerômetros atuais possibilita a coleta de dados de alta granularidade, ou seja, podem detectar e registrar variações minuciosas nos movimentos humanos, fator que permite a exploração dos dados como marcadores de mobilidade atrelados à progressão e severidade de doenças. Deste modo, esses dados denominados biomarcadores digitais, são considerados seguros e eficazes, e auxiliam a extrair informações úteis sobre a análise da marcha (Dillenseger, 2021).

As características mais comuns identificadas em sinais de acelerometria associadas à mobilidade são o comprimento da passada, a cadência, o índice de regularidade, o índice de simetria e as potências mecânicas produzidas nas direções craniocaudal, anteroposterior e medial lateral (Démonceau *et al.*, 2015). Essas características demonstraram ser significativamente diferentes entre condições de vida livre e em ambiente de laboratório (Cheng *et al.*, 2017).

A Expanded Disability Status Scale (EDSS), é reconhecida como o padrão ouro para a avaliação da mobilidade em pacientes com esclerose múltipla, oferecendo uma medida clínica da incapacidade (Twork *et al.*, 2010). Contudo, essa avaliação é predominantemente realizada em contextos clínicos durante consultas médicas, o que pode induzir a atrasos significativos na detecção de mudanças na condição do paciente, potencialmente exacerbando a progressão da doença. Assim, a identificação de sinais de acelerometria que sirvam como biomarcadores digitais da mobilidade é fundamental para possibilitar o monitoramento, de maneira mais precisa, a severidade e a progressão das complicações da esclerose múltipla, visando melhorar

a qualidade de vida desses indivíduos e facilitar o diagnóstico precoce, o que pode influenciar positivamente no tratamento. Além disso, esse monitoramento pode propiciar intervenções personalizadas com maior probabilidade de efetividade na atenuação da progressão das complicações da doença, como a mobilidade.

Considerando que a identificação de biomarcadores digitais pode auxiliar em intervenções mais eficazes visando mitigar os efeitos adversos da doença na mobilidade (Hubble *et al.*, 2015), o presente estudo teve como objetivo identificar possíveis variáveis de sinais de acelerometria que podem ser caracterizados como biomarcadores digitais de mobilidade em pessoas com esclerose múltipla. A hipótese foi que características como a cadência durante a marcha possam diferenciar o padrão de mobilidade em indivíduos com esclerose múltipla.

1.1 OBJETIVO GERAL

Analisar variáveis derivadas de sinais de acelerometria que possam ser biomarcadores digitais de mobilidade em pessoas com esclerose múltipla.

1.1.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar, com base na literatura, possíveis biomarcadores digitais que possam ser utilizados na avaliação da mobilidade de pessoas com esclerose múltipla através de padrões e parâmetros dos sinais de sensores de movimento.
- Investigar a relação de dados de acelerometria coletados em condições de vida livre com o grau de mobilidade e severidade da esclerose múltipla.

2 ARTIGOS PRODUZIDOS

2.1 ARTIGO 1

1

BIOMARCADORES DIGITAIS NA AVALIAÇÃO DA MOBILIDADE EM INDIVÍDUOS COM ESCLEROSE MÚLTIPLA

RESUMO

O objetivo deste estudo foi investigar padrões e parâmetros de sinais de sensores de movimento que se caracterizem como biomarcadores digitais na avaliação da mobilidade em indivíduos com esclerose múltipla. Trata-se de uma revisão integrativa da literatura a partir das recomendações do PRISMA, que utilizaram tecnologia vestível, como acelerômetros, sensores vestíveis ou sensores inerciais, e que analisaram os parâmetros de marcha, como velocidade, contagem de passos, ritmo, equilíbrio, duração e intensidade da atividade. Foram identificados 1.602 estudos, dos quais apenas 21 entraram na síntese qualitativa final. Os principais biomarcadores digitais identificados apresentaram padrões e parâmetros de sinais captados através de métodos digitais, como, acelerômetros triaxiais, que podem ser wearables, inerciais, smartphones ou smartwatch. Os estudos utilizaram diferentes medidas critério para identificação de biomarcadores digitais de mobilidade, entre elas métodos objetivos, como velocidade de caminhada e contagem de passos, e métodos subjetivos, como escalas de avaliação de fadiga e qualidade de vida. Constatou-se que, os biomarcadores digitais têm um papel fundamental na avaliação da mobilidade em pessoas com esclerose múltipla. No entanto, é fundamental compreender esses sinais e padronizar a escolha do melhor método para captar sinais de alta quantidade e qualidade, principalmente para indivíduos acometidos por alguma doença neurológica.

Palavras-chave: Esclerose múltipla; limitação da mobilidade; biomarcadores digitais.

¹ De Queiroz, R. S.; Alves, J. H.; Sasaki, J. E. Digital biomarkers in the assessment of mobility in individuals with multiple sclerosis. *Sclerosis*, v. 1, n. 3, p. 134–150, 2023.

DIGITAL BIOMARKERS IN THE ASSESSMENT OF MOBILITY IN INDIVIDUALS WITH MULTIPLE SCLEROSIS

ABSTRACT

The aim of this study was to investigate patterns and parameters of motion sensor signals that can be characterized as digital biomarkers in the assessment of mobility in individuals with multiple sclerosis. This is an integrative literature review based on the PRISMA recommendations, which used wearable technology such as accelerometers, wearable sensors or inertial sensors, and which analyzed gait parameters such as speed, step count, rhythm, balance, duration and intensity of activity. A total of 1,602 studies were identified, of which only 21 were included in the final qualitative synthesis. The main digital biomarkers identified presented signal patterns and parameters captured through digital methods, such as triaxial accelerometers, which can be wearables, inertial, smartphones or smartwatches. The studies used different criterion measures to identify digital biomarkers of mobility, including objective methods such as walking speed and step count, and subjective methods such as fatigue and quality of life assessment scales. It was found that digital biomarkers play a fundamental role in assessing mobility in people with multiple sclerosis. However, it is essential to understand these signals and standardize the choice of the best method to capture signals of high quantity and quality, especially for individuals affected by some neurological disease.

Keywords: Multiple sclerosis; mobility limitation; digital biomarkers.

1 INTRODUÇÃO

A esclerose múltipla é uma doença neurológica crônica que afeta o sistema nervoso central, apresentando uma variedade de sintomas que incluem fadiga, problemas de mobilidade, comportamento cognitivo e distúrbios sensoriais, os quais diminuem significativamente a qualidade de vida dos indivíduos afetados por essa condição (ABEM, 2023) Sua etiologia é complexa e pouco compreendida, direcionando para teorias e fatores que estão sendo investigados, como predisposição genética, fatores ambientais, resposta imune anormal, inflamação crônica e barreira hematoencefálica disfuncional (Yamout, 2018).

A prevalência global da esclerose múltipla tem aumentado ao longo dos anos, com cerca de 2,8 milhões de pessoas afetadas em todo o mundo, de acordo com a Organização Mundial da Saúde em 2023 (WHO, 2023), representando um aumento significativo em relação à estimativa de 2,2 milhões em 2016 (Wallin, 2019). No Brasil, aproximadamente 40 mil indivíduos enfrentam essa doença, com maior incidência entre aqueles com idades entre 20 e 40 anos, afetando predominantemente o sexo feminino (ABEM, 2023). As estatísticas indicam que as mulheres representam pelo menos duas vezes mais casos (69%) do que os homens (MSIF, 2020).

Um dos desafios mais prementes enfrentados por pessoas com esclerose múltipla é a mobilidade reduzida, que tem um impacto significativo em sua independência e na execução de atividades diárias (Guerreiro *et al.*, 2019). Aproximadamente 85% a 90% dos indivíduos com essa doença enfrentam a incapacidade de andar de forma segura e independente, resultando, em alguns casos, na necessidade de dispositivos de auxílio, como bengalas, andadores ou cadeiras de rodas, à medida que a doença progride (Backus, 2016). Isso decorre da dificuldade de marcha, fadiga, fraqueza, espasticidade e falta de coordenação, características frequentes nessa população, o que prejudica, de maneira significativa, a realização de tarefas diárias por essas pessoas (Guerreiro *et al.*, 2019).

A avaliação da mobilidade em pessoas com esclerose múltipla fornece informações valiosas para os profissionais de saúde, permitindo que eles monitorem a progressão das complicações da doença e possam auxiliar no retardo dessa progressão (Franco *et al.*, 2022). A realização de exercícios de reabilitação motora, que ajuda na redução da espasticidade, da dor e da fadiga, é essencial na recuperação funcional das incapacidades motoras desses indivíduos, o que permite o fortalecimento de capacidades residuais, favorecendo as atividades da vida diária (Maggio *et al.*, 2019).

Nesse contexto, as tecnologias vestíveis, como smartphones, smartwatch, acelerômetros, pedômetros e giroscópios possuem sensores de movimento, e têm sido

amplamente utilizados para avaliar a atividade física, a deambulação, a marcha, o equilíbrio e o controle postural em pessoas com esclerose múltipla (Woelfle *et al.*, 2023). Esses dispositivos têm a capacidade de monitorar e capturar dados de maneira individualizada em uma maior resolução em diferentes ambientes, tanto em testes clínicos, realizados em laboratório, quanto em condições de vida livre, quando o indivíduo estiver realizando atividades diárias, capturando contagem de passos, velocidade de giro e de caminhada e risco de quedas, bem como outras variáveis relacionadas à mobilidade (Neto *et al.*, 2023).

Entre os diferentes sensores de movimento atualmente disponíveis no mercado, os acelerômetros têm sido fundamentais para fornecer dados objetivos sobre a mobilidade de vida livre em diferentes grupos de pessoas. Os acelerômetros são tecnologias projetadas para detectar e quantificar alterações na aceleração ou direção do movimento de um objeto/indivíduo ou sistema (Sasaki *et al.*, 2017). Os biomarcadores digitais, por outro lado, são indicadores ou medidas objetivas com finalidade de intervir em um determinado seguimento, como, por exemplo, processos fisiológicos, patológicos ou farmacológicos (Dillenseger *et al.*, 2021). Esses biomarcadores digitais podem ser construídos a partir de dados de vários sensores, não apenas os acelerômetros, e podem envolver análises mais complexas e algoritmos para extrair informações úteis sobre a saúde de uma pessoa, como a análise da marcha de um indivíduo (Dillenseger *et al.*, 2021).

Assim, os biomarcadores digitais são capazes de identificar sinais e fornecer informações valiosas sobre a saúde, incluindo a progressão da mobilidade da esclerose múltipla, uma doença imunomediada e inflamatória crônica. Os biomarcadores digitais têm o potencial de serem valiosos para o tratamento, pois podem detectar e monitorar aspectos indicativos da gravidade da doença, contribuindo para retardar ou impedir a progressão de suas complicações e, conseqüentemente, melhorar a qualidade de vida dessa população. Portanto, o objetivo deste estudo foi investigar padrões e parâmetros de sinais dos biomarcadores digitais na avaliação da mobilidade em indivíduos com esclerose múltipla.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

O presente estudo trata-se de uma revisão integrativa da literatura, a partir das recomendações do PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta – Analyses) (Page *et al.*, 2021). Essa abordagem de pesquisa foi escolhida por permitir uma visão abrangente e integrada do conhecimento disponível sobre um determinado assunto através de outras metodologias de pesquisa existentes (Souza, Silva e Carvalho, 2010).

2.1. CRITÉRIOS DE ELEGIBILIDADE

Foram incluídos estudos que abordam a utilização de biomarcadores digitais na avaliação da mobilidade em indivíduos com esclerose múltipla e que foram escritos em inglês, português e espanhol. A escolha de incluir estudos nesses três idiomas foi baseada em considerações de relevância e acessibilidade das fontes de pesquisa, devido à sua ampla difusão na literatura científica internacional e à sua acessibilidade para os pesquisadores envolvidos nesse estudo. Além disso, foram selecionados artigos publicados nos últimos 10 anos, para garantir que as evidências incorporadas nesta revisão sejam contemporâneas e reflitam as abordagens mais recentes no campo da avaliação da mobilidade em indivíduos com esclerose múltipla, e que fossem publicados em periódicos científicos revisados por pares. Foram excluídos estudos de revisões da literatura, teses, dissertações, cartas ao editor e trabalhos de conclusão de curso.

2.2. ESTRATÉGIA DE BUSCA

A estratégia de busca foi desenvolvida em torno da seguinte pergunta norteadora: "Quais os padrões e parâmetros de sinais são utilizados como biomarcadores objetivos e subjetivos na avaliação da mobilidade em indivíduos com esclerose múltipla?". As bases de dados selecionadas foram Embase, Pubmed e BVS, através dos termos de pesquisa relacionados à pergunta norteadora, descritores validados em Ciências da Saúde (DeCS/ MeSH) e combinados através de operadores booleanos: (((Multiple Sclerosis OR Disseminated Sclerosis OR Chronic Progressive Multiple Sclerosis) AND ((Digital Biomarkers OR Biomarker OR Biological Biomarkers) AND (Mobility Limitation OR Walking Difficulty OR Occupational Mobility)). Durante as buscas foi necessário adicionar termos não validados em Ciências da Saúde, para melhor recuperação dos estudos visando o objetivo dessa revisão, como: (Acelerômetro OR Acelerómetro OR accelerometer). As buscas ocorreram durante o mês de agosto de 2023.

2.3. PROCESSO DE SELEÇÃO DOS ARTIGOS

O aplicativo da web Rayyan foi utilizado no processo de seleção e exclusão dos artigos e a identificar duplicatas. O processo de buscas, seleção e triagem ocorreu de forma independente por dois pesquisadores (RSDQ) e (JHA), e um terceiro autor (JES) participou nos casos em que houve discordância. Os demais estudos selecionados, embora não diretamente incluídos na discussão principal, foram utilizados para complementar os argumentos e esclarecimentos apresentados nessa revisão. Para os desfechos analisados foram extraídos dos artigos os seguintes dados: autores e ano de publicação, título, objetivos, amostra, biomarcadores digitais utilizados e resultados. Utilizamos a média das médias de indivíduos com esclerose múltipla, idade e biomarcadores reportados nos artigos para caracterização da amostra.

3 RESULTADOS

Foram identificados 1.602 estudos, somatório das bases de dados (Pubmed 1.284; Embase 182; BVS 136), dos quais 6 artigos foram subtraídos por serem duplicados, restando 1.596 artigos rastreados. Após a triagem, 1.543 artigos foram excluídos pela leitura do título e resumo, restando 53 estudos elegíveis para a leitura na íntegra. Após essa etapa, 32 estudos foram excluídos por não corresponderem aos critérios de inclusão e exclusão, sendo 21 estudos incluídos na síntese qualitativa final. O processo de seleção é descrito no diagrama de fluxo do PRISMA (figura 1).

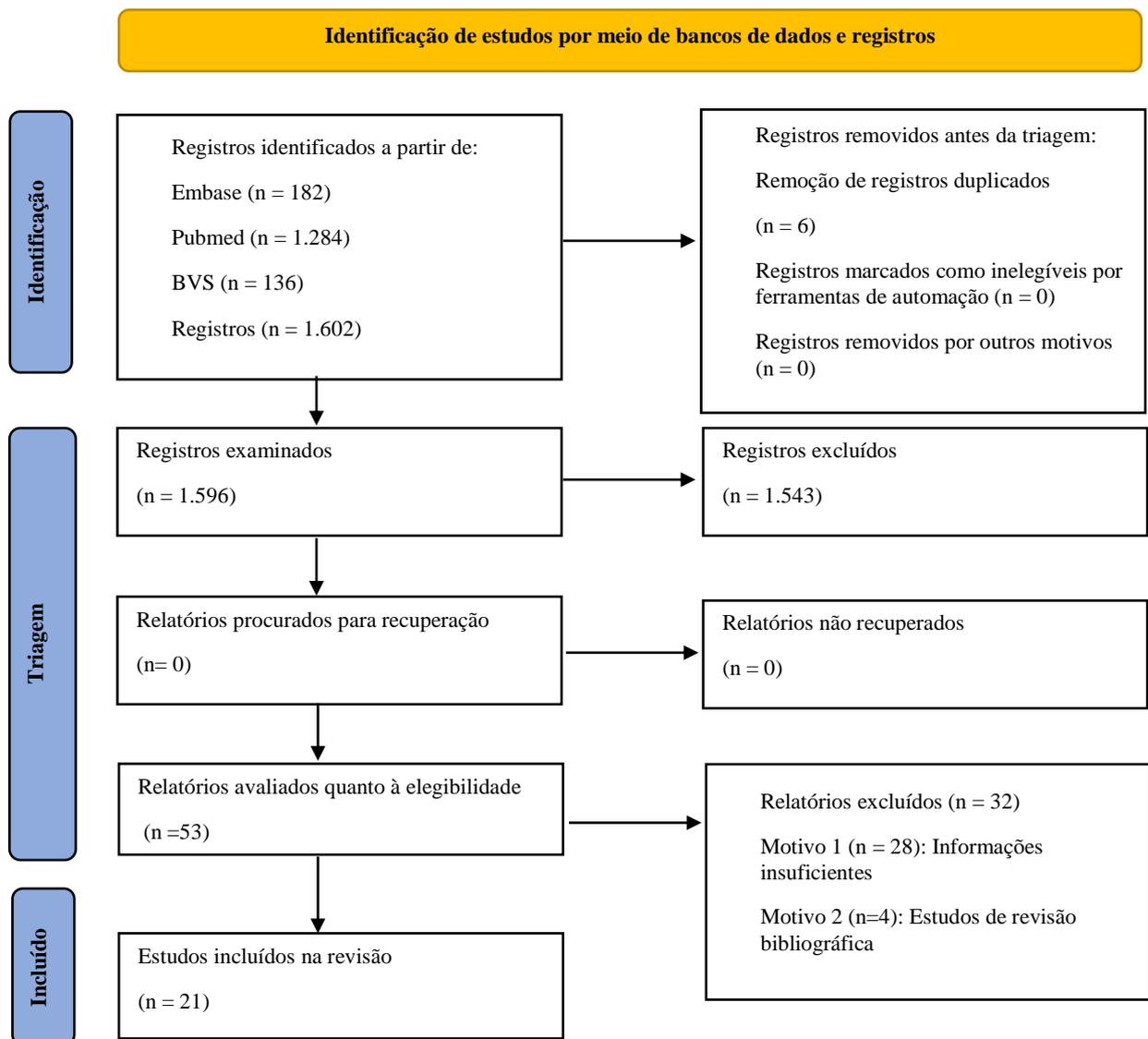


Figura 1. Diagrama de Fluxo PRISMA.

3.1 CARACTERÍSTICAS DOS ESTUDOS

Um total de 1.256 indivíduos com esclerose múltipla foram avaliados. A média de idade \pm desvio padrão pelas informações fornecida dos participantes com esclerose múltipla foi de $50,6 \pm 10,5$ anos. Todos os estudos utilizaram tecnologia vestível, como acelerômetros, sensores usados no corpo ou sensores inerciais, e mencionaram a coleta de dados objetivos sobre parâmetros de marcha, como velocidade, contagem de passos, ritmo, equilíbrio e duração da atividade física e intensidade do exercício. Além disso, os estudos empregaram testes clínicos e questionários, frequentemente apontado nos estudos para avaliar a marcha e a mobilidade dessa população, com intuito de correlacionar as informações dos biomarcadores objetivos e subjetivos. A Tabela 1 mostra os artigos incluídos na revisão integrativa.

Tabela 1 - Artigos incluídos na revisão integrativa

Título	Objetivos	Amostra	Biomarcadores digitais	Resultados
Chest-Based Wearables and Individualized Distributions for Assessing Postural Sway in Persons With Multiple Sclerosis (Meyer <i>et al.</i> , 2023)	Validar medidas de oscilação postural a partir de um acelerômetro de tórax.	16 pessoas (4 homens, 12 mulheres, média \pm desvio padrão de idade $50,6 \pm 10,5$ anos) com esclerose múltipla.	Acelerômetro vestível no tórax e no sacro usando sensores Biostamp nPoint® (Medidata) para capturar padrões de movimento e oscilação postural, frequência e intensidade de quedas, fadiga, ritmo e equilíbrio.	As medidas de oscilação torácica podem diferenciar entre tarefas de pé e de queda e estão significativamente relacionadas com medidas de confiança no equilíbrio, fadiga e dificuldade de caminhar relatadas pelo paciente.
Assessing real-world gait with digital technology? Validation, insights and recommendations from the Mobilise-D consortium (Micó-Amigo <i>et al.</i> , 2023)	Avaliar mobilidade digital em seis coortes via dados de marcha para sequência da marcha.	60 participantes, distribuídos em diferentes grupos. 20 eram idosos saudáveis, 20 com doença de Parkinson e outros 20 tinham esclerose múltipla.	Dispositivo vestível McRoberts Dynaport MM+ (frequência de amostragem de 100 Hz, faixa de aceleração triaxial: ± 8 g/resolução: 1 mg, faixa de giroscópio triaxial: ± 2.000 graus por segundo (dps)/resolução: 70 mdps), preso às costas utilizados em testes, como o 6-Minute Walk Test, para capturar padrões de movimento, índice de marcha, cadência (contagem de passos por minuto), ritmo e equilíbrio.	A escolha do algoritmo para estimativa da detecção da sequência da marcha e cadência deve ser específica da coorte (por exemplo, caminchantes lentos e com deficiências na marcha). A curta distância da caminhada e a velocidade lenta da caminhada pioraram o desempenho dos algoritmos.
Evaluation of unsupervised 30-second chair stand test performance assessed	Avaliar o teste 30-Second Chair Stand Test (30CST) não supervisionado em esclerose múltipla via	37 pessoas com esclerose múltipla.	Acelerômetro triaxial MC10 BioStamp (250 Hz, $\pm 16G$) registrado a partir de dez sensores inerciais (MC10, Inc.,	Indivíduos com histórico de quedas (Grupo F) (n=21) e aqueles sem histórico de quedas (Grupo NF) (n=16) apresentaram diferenças estatisticamente significativas em relação à

Título	Objetivos	Amostra	Biomarcadores digitais	Resultados
by wearable sensors to predict fall status in multiple sclerosis (Tulipani <i>et al.</i> , 2022)	acelerômetro e comparar com 30CST supervisionado.		Lexington, MA) aderidos à pele e smartphone com aplicativo MC10 Link App para capturar o tempo de transição sentar-levantar e levantar-sentar, com o objetivo de detectar o risco de quedas e tempo de permanência em pé.	idade e ao desempenho do 30CST ($p=0,013$, $d=0,88$).
The Sit-to-Stand Transition as a Biomarker for Impairment: Comparison of Instrumented 30-Second Chair Stand Test and Daily Life Transitions in Multiple Sclerosis (Tulipani <i>et al.</i> , 2022)	Comparar medições de sensores vestíveis e o teste 30-Second Chair Stand (30CST) supervisionado/não supervisionado para entender risco de queda, comprometimento sensorial e piramidal.	37 pessoas com esclerose múltipla	Dois sensores inerciais (MC10, Inc., Lexington, MA), um na coxa direita e outro no tórax, que registraram dados do acelerômetro triaxial MC10 BioStamp (taxa de amostragem de 250 Hz, $\pm 16G$) e smartphone com sensores MC10 Link App para capturar o tempo de transição sentar-levantar e levantar-sentar para detectar o risco de quedas e tempo de permanência em pé.	Melhor discriminação risco queda: Aceleração torácica do 30CST supervisionado (Área sob a curva (AUC)=0,89)). O tórax indicou comprometimento sensorial, mas tarefa diferente na vida diária. Discriminação comprometimento piramidal: aceleração do tórax no 30CST supervisionado (AUC=0,89). Maior AUC vida diária: Tempo médio sentar-levantar na classificação de queda (0,81).
Practice Effects of Mobile Tests of Cognition, Dexterity, and Mobility on Patients With Multiple Sclerosis: Data Analysis of a	Examinar os efeitos do aprendizado de curto prazo e da prática de longo prazo em seis testes ativos de cognição, agilidade e mobilidade em um teste de smartphone de alta	264 pessoas com esclerose múltipla	Dados do aplicativo <i>Floodlight</i> Open, que coleta dados de testes baseados em smartphones de pessoas com esclerose múltipla, como os testes da Caminhada de 2 Minutos, da Meia Volta e do Equilíbrio Estático, para	Na Meia Volta ($n=15.051$) e no Equilíbrio Estático ($n=16.797$), foram observados apenas efeitos de aprendizagem de curto prazo, interrompidos após no máximo 5 tentativas. Não foram observados efeitos de aprendizagem a curto prazo ou a longo prazo na caminhada de dois minutos ($n=14.393$).

Título	Objetivos	Amostra	Biomarcadores digitais	Resultados
Smartphone-Based Observational Study (Woelfle <i>et al.</i> , 2021)	frequência agendado pelo usuário.		capturar a velocidade da marcha, a inversão da marcha e o equilíbrio estático.	
Toward a Remote Assessment of Walking Bout and Speed: Application in Patients With Multiple Sclerosis (Atrsaei <i>et al.</i> , 2021)	Desenvolver e validar um novo método de estimativa de velocidade de marcha baseado em aprendizado de máquina para prever a velocidade de marcha em avaliações clínicas e domiciliares através de um sensor na região lombar.	35 pessoas com esclerose múltipla	Três unidades de medição inercial (IMU) Physilog, Gait Up, Lausanne, Suíça, uma na cintura e duas nos pés, uma em cada pé, com três eixos, que incluíam dados de acelerômetro e giroscópio 3D gravados a uma taxa de amostragem de 128 Hz e smartphone para conectar as IMUs, utilizadas no 10-Meter Walk Test para capturar a velocidade da marcha.	Em comparação com a referência do multissensor padrão prata, foram alcançados um viés próximo de zero e uma precisão de velocidade de marcha de 0,15 m/s. Além disso, o método de detecção de locomoção baseado em aprendizado de máquina proposto, teve uma mediana de especificidade de 96,8%, sensibilidade de 93,0%, uma precisão de 96,4% e uma pontuação F1 (2 x verdadeiro positivo / 2 x verdadeiro positivo + falso positivo + falso negativo) de 78,6% na detecção de caminhadas em casa.
Automated Detection of Real-World Falls: Modeled From People With Multiple Sclerosis (Mosquera-Lopez <i>et al.</i> , 2021)	Descrever o desenvolvimento de um sistema de detecção de quedas sensível ao contexto baseado em um sensor inercial e um sensor de tempo de voo tolerante a desequilíbrios que treina e avalia quedas reais em pacientes com esclerose múltipla.	25 pessoas com esclerose múltipla	Acelerômetro triaxial usado no corpo e um sistema de monitoramento de movimento sensível ao contexto que usa sensores sem fio internos do Time-of-Flight (ToF) posicionados ao redor de uma casa para rastrear o movimento de uma pessoa e detectar o risco de quedas.	Em um conjunto de dados obtido de 25 pessoas com esclerose múltipla observados durante 8 semanas num ambiente de vida livre, foram observadas 54 quedas e o sistema atingiu uma sensibilidade de 92,14% e uma taxa de falsos positivos de 0,65 por dia.

Título	Objetivos	Amostra	Biomarcadores digitais	Resultados
U-turn speed is a valid and reliable smartphone-based measure of multiple sclerosis-related gait and balance impairment (Cheng <i>et al.</i> , 2021)	Avaliar a viabilidade da realização de monitoramento remoto de pacientes, utilizando tecnologia digital em pessoas com esclerose múltipla.	76 pessoas com esclerose múltipla e 25 controles saudáveis	Smartphone Samsung Galaxy S7 (sensores triaxiais de acelerômetro e giroscópio com taxa amostral de 50 Hz) utilizados na realização de testes, como o Timed 25-Foot Walk Test (T25FW) e o 5 U-Turn Test (5UTT) para capturar a velocidade de giro.	A alteração mínima detectável na taxa de retorno ao 5UTT foi baixa em pacientes com esclerose múltipla (19,42%), e a precisão desta ferramenta de medição em comparação com as medidas existentes de desempenho de caminhada na clínica foi excelente.
Metrics extracted from a single wearable sensor during sit-stand transitions relate to mobility impairment and fall risk in people with multiple sclerosis (Tulipani <i>et al.</i> , 2020)	Obter métricas baseadas em acelerômetros a partir de um número mínimo de sensores para caracterizar o desempenho do sentar e levantar em pessoas com esclerose múltipla durante o 30-second chair stand test (30CST).	38 pessoas com esclerose múltipla com idade média $50,6 \pm 12,1$	Acelerômetro triaxial MC10 BioStamp (taxa de amostragem de 250 Hz, ± 16 G) registrados a partir de sensores inerciais (MC10, Inc., Lexington, MA) aderidos à pele na região da coxa direita e do tórax utilizados na realização de testes, como o 30CST, para capturar a confiança no equilíbrio e na fadiga, o tempo de transição sentar-levantar e levantar-sentar para detectar o risco de quedas.	As pontuações baseadas na aceleração foram significativamente correlacionadas com vários indicadores clínicos que refletem a gravidade da doença, a confiança no equilíbrio e a fadiga. Melhor desempenho de regressão logística para classificar condições de queda incorporando recursos de acelerômetro (74% de precisão, (Área sob a curva (AUC) 0,78)) em comparação com o tratamento padrão (68% de precisão, AUC 0,74) ou resultados relatados pelo paciente (71% de precisão, AUC 0,75).
Does Multiple Sclerosis Differently Impact Physical Activity in Women and Man? A	Investigar possíveis diferenças entre mulheres e homens com esclerose múltipla na quantidade e intensidade de atividade	45 pessoas com esclerose múltipla (23 F, 22 M, idade média de 50,3) e 41 indivíduos	Acelerômetro triaxial Actigraph modelo GT3X (Acticorp Co., Pensacola, FL, EUA) utilizado 24 horas por dia durante 7 dias para detectar	Os padrões de atividade física das mulheres foram caracterizados por maior comportamento sedentário e diminuição da atividade leve em comparação aos homens,

Título	Objetivos	Amostra	Biomarcadores digitais	Resultados
Quantitative Study Based on Wearable Accelerometers (Pau <i>et al.</i> , 2020)	física realizada durante uma semana.	não afetados, da mesma idade e sexo	padrões de atividade física e comportamento sedentário, número de passos diários e contagem de magnitude vetorial.	com níveis semelhantes de atividade física moderada e vigorosa.
A wearable sensor identifies alterations in community ambulation in multiple sclerosis: contributors to real-world gait quality and physical activity (Shema-Shiratzky <i>et al.</i> , 2020)	Avaliar a caminhada comunitária e a atividade física em pacientes com esclerose múltipla e controles saudáveis e comparar a caminhada em laboratório com a caminhada comunitária.	104 indivíduos, sendo 44 pessoas com esclerose múltipla e 60 controles saudáveis	Acelerômetro triaxial Opal (APDM, Wearable Technologies, Portland, OR, EUA) utilizado na parte inferior das costas em testes, como na Timed 25-Foot Walk Test (T25FW), para detectar alterações na deambulação devido à velocidade da marcha e à variabilidade do passo.	Durante a caminhada comunitária, as pessoas com esclerose múltipla deram menos passos e caminharam mais lentamente, com maior assimetria e maior variabilidade do passo, em comparação com os controles saudáveis ($p < 0,001$). Maior comprometimento está associado à redução da contagem de passos e à redução da velocidade de caminhada comunitária.
Deterioration of specific aspects of gait during the instrumented 6-min walk test among people with multiple sclerosis (Shema-Shiratzky <i>et al.</i> , 2019)	Identificar características da marcha que pioram durante a caminhada sustentada e investigar sua correlação clínica com a fadiga ao caminhar em pacientes com esclerose múltipla.	58 pessoas com esclerose múltipla	Acelerômetro triaxial Opal (APDM, Wearable Technologies, Portland, OR, EUA) utilizado na parte inferior das costas em testes, como o 6-Minute Walk Test (6MWT), para detectar o passo, o ritmo, a variabilidade, a assimetria, a complexidade e a fadiga da marcha e o risco de quedas.	Indivíduos com comprometimento moderado ($n = 24$) caminharam pior que o grupo com comprometimento leve ($n = 34$) na maioria dos domínios da marcha. Observou-se efeito de interação grupo x fadiga para ritmo e complexidade da marcha. Estas taxas diminuíram ao longo do tempo no grupo de deficiência moderada, mas não no grupo de deficiência leve.
Adherence and Satisfaction of Smartphone- and	Avaliar a viabilidade de testes ativos remotos e monitoramento passivo	Pessoas com esclerose múltipla (20 a 57 anos; Escala Expandida de	Estudo <i>FloodLight</i> , que combina captura contínua de dados de sensores com	As pessoas com esclerose múltipla tiveram 70% (16,68/24 semanas) de adesão nos ensaios ativos e 79% (18,89/24 semanas) na

Título	Objetivos	Amostra	Biomarcadores digitais	Resultados
Smartwatch-Based Remote Active Testing and Passive Monitoring in People With Multiple Sclerosis: Nonrandomized Interventional Feasibility Study (Midaglia <i>et al.</i> , 2019)	usando smartphones e tecnologia smartwatch em pessoas com esclerose múltipla no que diz respeito à adesão e satisfação com a bateria de testes <i>FloodLight</i> .	Status de Incapacidade 0-5,5; n=76) e controles saudáveis (n=25)	smartphones e smartwatches, utilizados em testes, como o Timed 25-Foot Walk Test (T25FW), para detectar a velocidade da marcha e o tempo de inversão de marcha.	vigilância passiva. A pontuação média de satisfação foi de 73,7 em 100. Nem a adesão nem a satisfação estavam relacionadas com quaisquer características específicas da população. Mais de 80% (61/72) dos pacientes com esclerose múltipla tiveram pelo menos um efeito aceitável nas atividades diárias avaliadas pela bateria de testes.
Objective sensor-based gait measures reflect motor impairment in multiple sclerosis patients: Reliability and clinical validation of a wearable sensor device (Flachenecker <i>et al.</i> , 2019)	Investigar se a análise da marcha baseada em sensores pode detectar distúrbios da marcha em pacientes com esclerose múltipla.	102 pessoas com esclerose múltipla e 22 controles saudáveis	Acelerômetro triaxial e giroscópio, registrados a partir de sensores SHIMMER 3 (Shimmer Research Ltd., Dublin, Irlanda), anexado a ambos os sapatos, na realização de testes, como o Timed 25-Foot Walk Test (25FWT), para detectar o comprimento médio da passada, a velocidade da marcha, o ângulo de saída dos dedos, o tempo de apoio e o tempo de balanço.	A análise do subgrupo entre controles saudáveis e pessoas com esclerose múltipla (EDSS≤3,5 e EDSS 4,0-7,0) revelou diferenças significativas em várias métricas de marcha, especialmente na velocidade de marcha rápida. Por exemplo, o comprimento da passada na marcha rápida foi de 33,6 cm, enquanto na marcha autosseleccionada foi de 16,3 cm.
Quantifying neurologic disease using biosensor measurements in clinic and in free-	Avaliar a viabilidade e correlação de biossensores vestíveis com medidas clínicas tradicionais de incapacidade tanto na	25 pessoas com esclerose múltipla	Biossensores para detectar o tempo de apoio, o ângulo/velocidade angular de giro, a velocidade média de giro, o equilíbrio, a oscilação	Viabilidade, adesão e expansão entre biossensores e medidas clínicas tradicionais (Expanded Disability Status Scale (EDSS) e Composto Funcional MS-4 (MSFC-4)) foram avaliadas. Os recursos do biossensor

Título	Objetivos	Amostra	Biomarcadores digitais	Resultados
living settings in multiple sclerosis (Chitnis <i>et al.</i> , 2019)	clínica quanto na vida livre em pacientes com esclerose múltipla.		postural e a postura de mobilidade.	correlacionaram-se com as pontuações EDSS e MSFC-4 na visita 2, incluindo tempo de postura de mobilidade (-0,546), ângulo de giro (0,437) e velocidade angular máxima (0,653).
Free-Living Physical Activity Monitoring in Adult US Patients with Multiple Sclerosis Using a Consumer Wearable Device (DasMahapatra <i>et al.</i> , 2018)	Avançar na literatura sobre a utilidade do rastreamento de atividade física de vida livre a partir de análises secundárias de um estudo piloto em pacientes com esclerose múltipla.	114 pessoas com esclerose múltipla (idade média de 52 anos, sexo feminino (75%), tipo recidivante-remittente (79%)	Rede online de pacientes com doenças crônicas – PatientLikeMe – FitbitOne e dispositivo vestível, para detectar o número de passos diários e a incapacidade de locomoção.	Estudo de 23 dias: Média de 20,1 dias de dados (87% de adesão), 4.393 passos/dia. Escala de Avaliação de Esclerose Múltipla (MSRS) média pré-estudo: 32,72% com distúrbios de marcha. Confiabilidade de contagem de passos: coeficiente de correlação interclasse (ICC) 0,55 (diária), 0,7 (2 dias), 0,9 (7 dias). A gravidade da doença (MSRS) foi preditor independente da contagem de após passos controlados de covariáveis ($p < 0,001$).
Wearable technology reveals gait compensations, unstable walking patterns and fatigue in people with multiple sclerosis (Psarakis <i>et al.</i> , 2018)	Pessoas com esclerose múltipla frequentemente apresentam capacidade reduzida de andar, o que pode afetar a independência e aumentar as quedas.	12 participantes saudáveis e 12 pessoas com esclerose múltipla	Dois acelerômetros triaxiais Opal (APDM, Wearable Technologies, Portland, OR, EUA), frequência de amostragem de 128 Hz), sendo um fixado na cabeça e outro na pelve, utilizados na realização de testes, como o 6-Minute Walk Test (6MWT), para detectar a variabilidade da marcha, o índice de mobilidade (mobilidade reduzida), o risco	Pessoas com esclerose múltipla vs. controles saudáveis: Maior assimetria vertical em movimentos cefálicos e pélvicos (d de Cohen = 1,85 e 1,60). Em pacientes com esclerose múltipla, aumento do movimento compensatório relacionado a: diminuição da amplitude do movimento ativo do tornozelo ($r = -0,71$), maior EDSS ($r = 0,58$), marcha instável ($r = -0,76$), diminuição da amplitude de movimento ($r = -0,71$) e aumento da volatilidade ($r = 0,83$).

Título	Objetivos	Amostra	Biomarcadores digitais	Resultados
Monitoring gait in multiple sclerosis with novel wearable motion sensors (Moon <i>et al.</i> , 2017)	Investigar a precisão e exatidão de um novo dispositivo vestível, BioStampRC, como uma medida de marcha de pessoas com esclerose múltipla com várias funções de marcha.	45 pessoas com esclerose múltipla (esclerose múltipla leve = 15, esclerose múltipla moderada = 15, esclerose múltipla grave = 15) e 15 indivíduos controles saudáveis	de quedas, a assimetria da marcha, a fadiga e as medidas de compensação da marcha. BioStampRC Wireless Inertial Sensor montado na pele, MTx (Xsens, Enschede, Holanda) nas pernas e acelerômetro triaxial ActiGraph modelo GT3X (Acticorp Co, Pensacola, FL, EUA) no quadril, utilizados na realização de testes, como o Timed 25-Foot Walk Test (T25FW), 6-Minute Walk Test (6MWT) o Timed Up and Go (TUG), para detectar o número de passos, a velocidade e o comprimento da marcha.	Exatidão±precisão média para BioStampRC: 2±2 passos de erro, 6±9ms de erro para tempo da passada, 6±7ms de erro para tempo do passo (0,6-2,6% de erro relativo). Menor exatidão±precisão no tempo de balanço (erro de 25±19ms, erro relativo de 5±4%). GT3X com menor exatidão±precisão (8±14% erro relativo) na estimativa de número de etapas. MTx e BioStampRC detectaram diferenças significativas na marcha em pacientes com esclerose múltipla de diferentes níveis de incapacidade (p<0,01).
Mobility measures differentiate falls risk status in persons with multiple sclerosis: An exploratory study (Sebastião, Learmonth e Motl, 2017)	Examinar as diferenças nas métricas de mobilidade, controle postural e cognição em pessoas com esclerose múltipla com status distinto de risco de queda; e investigar preditores de participação em grupos de risco de queda usando análise discriminante.	47 pessoas com esclerose múltipla	Acelerômetro ActiGraph modelo GT3X (Acicorp Co, Pensacola, FL, EUA), utilizado na realização de testes, como o Timed 25-Foot Walk Test (T25FW), 6-Minute Walk Test (6MWT) o Timed Up and Go (TUG), a Multiple Sclerosis Walking Scale-12 (MSWS-12) e o Six-Spot Step Test (SSST), para detectar a quantidade de	O grupo de risco de queda mostrou significativamente piora (p < 0,05) em medidas de mobilidade (MSWS-12, 6MWT e passos/dia) em comparação com o grupo de risco de queda normal. Análise discriminante da MSWS-12 e da 6MWT como preditores significativos (p < 0,05) para o agrupamento de risco de queda, explicando 55% da variância.

Título	Objetivos	Amostra	Biomarcadores digitais	Resultados
Body-worn sensors capture variability, but not decline, of gait and balance measures in multiple sclerosis over 18 months (Spain <i>et al.</i> , 2014)	Determinar se os sensores usados no corpo detectaram qualquer declínio nas medidas de marcha e equilíbrio em pessoas com esclerose múltipla ao longo do tempo.	27 pessoas com esclerose múltipla (13 com deficiência leve, autoavaliação da Expanded Disability Status Scale 0 a 3,5; 14 com deficiência moderada, escala de status de incapacidade expandida autoavaliada de 4,0 a 5,5).	passos por dia e o risco de quedas. Seis sensores MTx usados no corpo (Xsens, Enschede, Holanda), cada um incluindo um giroscópio tridimensional e amostragem de acelerômetro triaxial a 50 Hz, utilizados em testes, como o Timed 25-Foot Walk Test (T25FW), a Multiple Sclerosis Walking Scale-12 (MSWS-12) e a Activities-specific Balance Confidence (ABC) Scale, para detectar a variabilidade da marcha.	Embora nenhum parâmetro tenha piorado com o tempo, a coorte de esclerose múltipla com deficiência moderada teve pior desempenho do que a coorte com deficiência leve, que, por sua vez, foi pior do que os controles em medidas de caminhada e equilíbrio. Além disso, a coorte com deficiência moderada teve maior variação entre visitas do que as outras coortes ($p < 0,05$, corrigida por Bonferroni).
Accelerometry as a measure of walking behavior in multiple sclerosis (Motl, Sandroff e Sosnoff, 2013)	Validar a saída do acelerômetro com base em associações com Expanded Disability Status Scale (EDSS), PDDS – Patient Determined Disease Steps Scale (PDDS), Multiple Sclerosis Walking Scale 12 (MSWS-12), Timed 25-Foot Walk pés (T25FW), 6-Minute Walk Test (6MWT), custo de O2 e parâmetros de marcha.	256 pessoas com esclerose múltipla	Acelerômetro ActiGraph modelo GT3X (Health One Technology, Fort Walton Beach, FL, EUA), utilizado na realização de testes, como o T25FW e o 6MWT, para detectar parâmetros especiais e temporais da marcha, como a velocidade de caminhada, a cadência – número de passos por minuto, o comprimento da passada e o tempo da passada.	A saída do acelerômetro foi significativamente correlacionada com os escores EDSS ($\rho = -0,522$), PDDS ($\rho = -0,551$) e MSWS-12 ($\rho = -0,617$), T25FW ($\rho = -0,595$) e 6MWT ($\rho = 0,630$.) desempenho e O2 custo da caminhada ($\rho = -0,457$). Em relação aos parâmetros da marcha, a saída do acelerômetro foi significativamente correlacionada com velocidade ($\rho = 0,420$), cadência ($\rho = 0,349$), tempo do passo ($\rho = -0,353$), comprimento do passo ($\rho = 0,395$), duplo apoio ($\rho = -0,424$) e suporte único ($\rho = 0,400$).

3.2 CARACTERÍSTICAS DOS INSTRUMENTOS UTILIZADOS

Foram identificados uma variedade de tecnologias nos estudos selecionados, incluindo smartphones e acelerômetros específicos para analisar padrões de movimento, equilíbrio e risco de queda em indivíduos com esclerose múltipla. Quatro estudos utilizaram o acelerômetro triaxial ActiGraph modelo GT3X (Acticorp Co., Pensacola, FL, EUA), que foi empregado para vários testes, bem como utilizados em vida livre, cada estudo com seu objetivo, incluindo detectar o número de passos por dia ou por minuto (cadência), a velocidade da caminhada, o tempo, o comprimento e a variabilidade da passada e o risco de quedas (Pau *et al.*, 2020; Moon *et al.*, 2017; Sebastião, Learmonth e Motl, 2017; Motl, Sandroff e Sosnoff, 2013). Três autores utilizaram o acelerômetro triaxial MC10 BioStamp (MC10, Inc., Cambridge, MA, EUA) (Tulipani *et al.*, 2022; Tulipani *et al.*, 2022; Tulipani *et al.*, 2020), enquanto três outros estudos utilizaram o acelerômetro triaxial Opal (APDM, Wearable Technologies, Portland, OR, EUA) (Shema-Shiratzky *et al.*, 2020; Shema-Shiratzky *et al.*, 2019; Psarakis *et al.*, 2018). O MTx (Xsens, Enschede, Holanda) montados na pele foi reportado em dois estudos (Moon *et al.*, 2017; Spain *et al.*, 2014), bem como o FloodLight Open, que coleta dados de testes baseados em smartphones e smartwatches (Woelfle *et al.*, 2021; Midaglia *et al.*, 2019). O acelerômetro vestível BioStamp nPoint® (Medidata, Nova York, NY, EUA) colocado no tórax e no sacro também foi usado em um estudo (Meyer *et al.*, 2023).

O dispositivo vestível McRoberts Dynaport MM, foi reportado em apenas um estudo, com uma frequência de amostragem de 100 Hz, faixa de aceleração triaxial: ± 8 g/resolução: 1 mg, faixa de giroscópio triaxial: ± 2.000 graus por segundo (dps)/resolução: 70 mdps (Micó-Amigo *et al.*, 2023). Um estudo utilizou um sensor inercial sem fio BioStampRC montado na pele, em que o acelerômetro triaxial utilizado tem taxa de amostragem de 250 Hz, ± 16 G (Moon *et al.*, 2017). Outro estudo utilizou a rede online de pacientes com doenças crônicas – PatientLikeMe pelo FitbitOne, um dispositivo vestível que registra o número de passos diários [31] e apenas um estudo utilizou a unidade de medição inercial (IMU) Physilog 5® (Physilog, Gait Up, Lausanne, Suíça), uma na cintura e dois nos pés, com três eixos, que incluía dados de acelerômetro e giroscópio 3D gravados a uma taxa de amostragem de 128 Hz e smartphone para conectar aos IMUs (Atrsaei *et al.*, 2021). O Smartphone Samsung Galaxy S7, com sensores triaxiais de acelerômetro e giroscópio com taxa amostral de 50 Hz também foi usado em um estudo (Cheng *et al.*, 2021).

Um estudo não citou o acelerômetro triaxial utilizado, mas relatou ser usado no corpo juntamente com um sistema de monitoramento de movimento sensível ao contexto que utiliza

sensores sem fios internos do Time-of-Flight (ToF) posicionados ao redor de uma casa para rastrear o movimento de uma pessoa (Mosquera-Lopez *et al.*, 2021). Um estudo relatou o uso de sensores SHIMMER 3 (Shimmer Research Ltd., Dublin, Irlanda), anexado a ambos os sapatos (Flachenecker *et al.*, 2019) e outro estudo citou apenas o uso de dados de biossensores, mas não especificou o equipamento (Chitnis *et al.*, 2019).

3.3 MÉTODOS OBJETIVOS DE REFERÊNCIA DE BIOMARCADORES

A velocidade de caminhada, a contagem de passos e o índice de marcha foram os métodos objetivos mais utilizados. O Timed 25-Foot Walk Test (T25FW) foi reportado em 8 estudos (Woelfle *et al.*, 2021; Cheng *et al.*, 2021; Shema-Shiratzky *et al.*, 2020; Midaglia *et al.*, 2019; Flachenecker *et al.*, 2019; Moon *et al.*, 2017; Sebastião, Learmonth e Motl, 2017; Motl, Sandroff e Sosnoff, 2013). Outros autores utilizaram o 6-Minute Walk Test (6MWT) (Micó-Amigo *et al.*, 2023); Shema-Shiratzky *et al.*, 2019; Psarakis *et al.*, 2018; Moon *et al.*, 2017; Motl, Sandroff e Sosnoff, 2013) e o Teste de Caminhada de 10 metros (Atrsaei *et al.*, 2021), o Teste de Caminhada de 2 minutos, meia-volta e equilíbrio estático para avaliação da mobilidade (Woelfle *et al.*, 2021). Vale ressaltar que os dados do sensor, coletados durante o o Teste de Levantar e Andar (TUG) serviram como parâmetro para identificar a velocidade da caminhada, os padrões de movimento, a frequência e a intensidade das quedas, o índice de marcha, a duração da atividade física, a intensidade da atividade, o ritmo e o equilíbrio em quatro estudos (Cheng *et al.*, 2021; Flachenecker *et al.*, 2019; Moon *et al.*, 2017; Sebastião, Learmonth e Motl, 2017). Dois estudos (Meyer *et al.*, 2023; Micó-Amigo *et al.*, 2023) usaram a duração da atividade física, a intensidade da atividade, o índice de marcha, a frequência e a intensidade de quedas como biomarcadores de mobilidade. Além da avaliação da função das extremidades baixas, os dados do sensor do 30CST (30-second chair stand test) (Tulipani *et al.*, 2022; Tulipani *et al.*, 2020) foram utilizados para avaliar os padrões de movimento e a distribuição da carga de peso.

3.4 MÉTODOS SUBJETIVOS DE REFERÊNCIA DE BIOMARCADORES

Foram identificados um total de 12 métodos subjetivos utilizados como referência para biomarcadores, dentre eles questionários, escalas, entrevistas ou autorrelatos, com intuito de obter informações sobre a percepção individual de sintomas, qualidade de vida e bem-estar emocional dos indivíduos com esclerose múltipla. Os questionários mais utilizados foram a Expanded Disability Status Scale (EDSS), reportada em 16 estudos (Meyer *et al.*, 2023; Micó-

Amigo *et al.*, 2023; Tulipani *et al.*, 2022; Atrsaei *et al.*, 2021; Mosquera-Lopez *et al.*, 2021; Cheng *et al.*, 2021; Pau *et al.*, 2020; Shema-Shiratzky *et al.*, 2020; Midaglia *et al.*, 2019; Flachenecker *et al.*, 2019; Chitnis *et al.*, 2019; Psarakis *et al.*, 2018; Moon *et al.*, 2017; Sebastião, Learmonth e Motl, 2017; Spain *et al.*, 2014; Motl, Sandroff e Sosnoff, 2013), e a Escala Modificada de Impacto da Fadiga (MFIS), em 10 artigos (Meyer *et al.*, 2023; Tulipani *et al.*, 2022; Tulipani *et al.*, 2022; Cheng *et al.*, 2021; Tulipani *et al.*, 2020; Shema-Shiratzky *et al.*, 2020; Shema-Shiratzky *et al.*, 2019; Midaglia *et al.*, 2019; Flachenecker *et al.*, 2019; DasMahapatra *et al.*, 2018). Seguido pela Escala de Caminhada de Esclerose Múltipla-12 (MSWS-12) reportada em 8 estudos (Meyer *et al.*, 2023; Shema-Shiratzky *et al.*, 2019; Flachenecker *et al.*, 2019; DasMahapatra *et al.*, 2018; Moon *et al.*, 2017; Sebastião, Learmonth e Motl, 2017; Spain *et al.*, 2014; Motl, Sandroff e Sosnoff, 2013).

A Activity Specific Balance Confidence Scale (ABC) foi identificado em cinco estudos (Meyer *et al.*, 2023; Tulipani *et al.*, 2022; Tulipani *et al.*, 2022; Tulipani *et al.*, 2020; Spain *et al.*; 2014). A Patient Determined Disease Steps Scale (PDDS) foi relatada em quatro estudos (Meyer *et al.*, 2023; Midaglia *et al.*, 2019; Moon *et al.*, 2017; Motl, Sandroff e Sosnoff, 2013). O Patient Health Questionnaire-9 (PHQ-9) apareceu apenas em dois artigos (Midaglia *et al.*, 2019; DasMahapatra *et al.*, 2018), semelhante ao 36-Item Short Form Survey (SF-36) (Flachenecker *et al.*, 2019; DasMahapatra *et al.*, 2018) e à Berg Balance Scale (Woelfle *et al.*, 2021; Midaglia *et al.*, 2019). Apenas um estudo utilizou a Fatigue Scale for Motor and Cognitive Functions (FSMC) (Midaglia *et al.*, 2019), enquanto outro usou a Disease Assessment Scale Part III (Meyer *et al.*, 2023) e o Kansas City-12 Cardiomyopathy Questionnaire (Meyer *et al.*, 2023). O Questionário Autorrelatado de Fadiga e Confiança no Equilíbrio foi utilizado em (Tulipani *et al.*, 2022).

4 DISCUSSÃO

Esta revisão teve como objetivo principal investigar quais os padrões e parâmetros de sinais são utilizados como biomarcadores digitais na avaliação da mobilidade em indivíduos com esclerose múltipla. Os resultados revelaram que os métodos objetivos e subjetivos de referência empregados nos estudos revisados, identificaram uma ampla variedade de biomarcadores digitais, destacando a complexidade da avaliação da mobilidade nessa população.

Os dispositivos vestíveis utilizados nos estudos incluíram os acelerômetros triaxiais ActiGraph, BioStamp, Opal (Pau *et al.*, 2020; Moon *et al.*, 2017; Sebastião, Learmonth e Motl, 2017; Motl, Sandroff e Sosnoff, 2013), acelerômetro vestível BioStamp nPoint ® no tórax e no sacro (Meyer *et al.*, 2023), dispositivo vestível McRoberts Dynaport MM (Micó-Amigo *et al.*, 2023), sensor inercial sem fio BioStampRC montado na pele (Moon *et al.*, 2017), smartphone Samsung Galaxy S7 com sensores triaxiais de movimento e giroscópio (Woelfle *et al.*, 2021; Midaglia *et al.*, 2019), bem como os sensores SHIMMER3 (Shimmer Research Ltd., Dublin, Irlanda) (Flachenecker *et al.*, 2019), biossensores (Chinis *et al.*, 2019), e a rede online FitbitOne para pacientes com doenças crônicas (DasMahapatra *et al.*, 2018). Esses dispositivos foram empregados nos estudos para coletar informações sobre atividade física e mobilidade em pacientes com esclerose múltipla, especificamente em relação a velocidade de caminhada, contagem de passos e índice de marcha. Portanto, os dispositivos vestíveis mencionados acima foram úteis na medição dos padrões motores e de movimento, fornecendo informações importantes na avaliação da marcha e da mobilidade dessa população.

Os métodos objetivos de referência de biomarcadores mais comumente relatados nos estudos selecionados foram a velocidade de caminhada, a contagem de passos, o índice de marcha e os intervalos relacionados à marcha. A velocidade de caminhada, avaliada através do Timed 25-Foot Walk Test (T25FW) (Woelfle *et al.*, 2021; Cheng *et al.*, 2021; Shema-Shiratzky *et al.*, 2020; Midaglia *et al.*, 2019; Flachenecker *et al.*, 2019; Moon *et al.*, 2017; Sebastião, Learmonth e Motl, 2017; Motl, Sandroff e Sosnoff, 2013), e do 6-Minute Walk Test (6MWT) (Micó-Amigo *et al.*, 2023; Shema-Shiratzky *et al.*, 2019; Psarakis *et al.*, 2018; Moon *et al.*, 2017; Motl, Sandroff e Sosnoff, 2013), foram considerados indicadores-chave da função motora em pacientes com esclerose múltipla. A contagem de passos fornece uma visão detalhada da atividade física diária (DasMahapatra *et al.*, 2018), mas o índice de marcha e outros parâmetros relacionados a ela fornecem detalhes sobre a natureza desse movimento, progressão da doença, avaliando a eficácia das intervenções terapêuticas possibilitando alterações nos

planos de tratamento, tornando essas ferramentas essenciais para monitorar pacientes e tomar decisões clínicas mais precisas (Sasaki *et al.*, 2016; Skender *et al.*, 2016).

Além dos métodos objetivos de referência de biomarcadores, os estudos revisados também empregaram uma série de métodos subjetivos de referência para os biomarcadores digitais, incluindo escalas e questionários para avaliar sintomas, qualidade de vida e bem-estar emocional. A Expanded Disability Status Scale (EDSS) (Meyer *et al.*, 2023; Micó-Amigo *et al.*, 2023; Tulipani *et al.*, 2022; Atrsaei *et al.*, 2021; Mosquera-Lopez *et al.*, 2021; Cheng *et al.*, 2021; Pau *et al.*, 2020; Shema-Shiratzky *et al.*, 2020; Midaglia *et al.*, 2019; Flachenecker *et al.*, 2019; Chitnis *et al.*, 2019; Psarakis *et al.*, 2018; Moon *et al.*, 2017; Sebastião, Learmonth e Motl, 2017; Spain *et al.*, 2014; Motl, Sandroff e Sosnoff, 2013), a Escala Modificada de Impacto de Fadiga (MFIS) (Meyer *et al.*, 2023; Tulipani *et al.*, 2022; Tulipani *et al.*, 2022; Cheng *et al.*, 2021; Tulipani *et al.*, 2020; Shema-Shiratzky *et al.*, 2020; Shema-Shiratzky *et al.*, 2019; Midaglia *et al.*, 2019; Flachenecker *et al.*, 2019; DasMahapatra *et al.*, 2018) e a Multiple Sclerosis Walking Scale-12 (MSWS-12) (Meyer *et al.*, 2023; Shema-Shiratzky *et al.*, 2019; Flachenecker *et al.*, 2019; DasMahapatra *et al.*, 2018; Moon *et al.*, 2017; Sebastião, Learmonth e Motl, 2017; Spain *et al.*, 2014; Motl, Sandroff e Sosnoff, 2013), destacan-se como ferramentas amplamente utilizadas. Esses instrumentos fornecem informações cruciais sobre como o dia a dia do paciente é impactado pela doença e sua atividade física, permitindo uma compreensão mais aprofundada do seu estado de saúde, auxiliando na personalização dos seus planos de tratamento e na promoção de uma maior qualidade de vida.

Essa variedade de métodos de referência para os biomarcadores enfatiza a necessidade de avaliar muitas facetas da funcionalidade e movimento. No entanto, é fundamental destacar que a escolha dos biomarcadores deve ser feita com cuidado, levando em consideração a relevância clínica e a capacidade de fornecer informações precisas e úteis para melhorar a qualidade de vida dos indivíduos com esclerose múltipla.

Os primeiros acelerômetros tinham limitações, com duração limitada da bateria e capacidade de armazenamento de dados, baixa sensibilidade e conectividade, bem como uma baixa taxa de amostragem, que é o número de vezes que a aceleração é detectada por segundo, com a maioria dos dispositivos antigos permitindo taxas de amostragem de até 10 Hz (Arvidsson, Fridolfsson e Borjesson, 2019). Os acelerômetros modernos apresentam taxas de amostragem mais altas, são pequenos em tamanho e registram a aceleração em três eixos diferentes e podem ser posicionados em várias partes do corpo, sendo os locais mais comuns o quadril, o pulso e a coxa (Khalil *et al.*, 2017).

As taxas de amostragem desempenham um papel fundamental na coleta de dados objetivos em estudos que utilizam tecnologia vestível, como acelerômetros. Essas taxas podem afetar significativamente a precisão, a resolução e a utilidade clínica dos resultados, principalmente se for com intuito de avaliar a mobilidade em pacientes com esclerose múltipla. Portanto, uma conclusão sensata seria escolher uma taxa de amostragem de 90 Hz ao usar os métodos fornecidos pelo fabricante e uma taxa de 100 Hz ao realizar filtragem e processamento de sinal de forma independente (Brond e Arvidsson, 2016).

Usando os dados brutos de aceleração, que fornecem informações sobre a direção e a magnitude da aceleração em cada um desses eixos, sendo que 1 g representa a força da gravidade terrestre, e a taxa de amostragem, que na maioria dos acelerômetros atuais é situada entre 30 e 100 Hz, da faixa de medição e da resolução, são configurados e ajustados de acordo com o objetivo de cada estudo (Khalil *et al.*, 2017). Nos artigos analisados nesta revisão, por exemplo, foram utilizadas várias taxas de amostragem, sendo a mais utilizada 250 Hz (Tulipani *et al.*, 2022; Tulipani *et al.*, 2022; Tulipani *et al.*, 2020), seguida por 128 Hz (Atrsaei *et al.*, 2021; Psarakis *et al.*, 2018) e 50 Hz (Cheng *et al.*, 2021; Spain *et al.*, 2014), e a menos utilizada foi 100 Hz (Micó-Amigo *et al.*, 2023). É importante observar que, em vários estudos (Meyer *et al.*, 2023; Woelfle *et al.*, 2021; Mosquera-Lopez *et al.*, 2021; Pau *et al.*, 2020; Shema-Shiratzky *et al.*, 2020; Shema-Shiratzky *et al.*, 2019; Midaglia *et al.*, 2019; Flachenecker *et al.*, 2019; Chitnis *et al.*, 2019; DasMahapatra *et al.*, 2018; Moon *et al.*, 2017; Sebastião, Learmonth e Motl, 2017; (Motl, Sandroff e Sosnoff, 2013), a taxa de amostragem utilizada não foi especificada.

Se o acelerômetro tiver uma taxa de amostragem baixa, como 10 Hz, ele fará uma leitura da aceleração a cada 1/10 de segundo (ou a cada 0,1 segundo), sendo que durante acelerações superiores a 4m/s, a precisão fica comprometida (Miguelles *et al.*, 2017). Uma taxa de amostragem média poderia ser de 100 Hz, o que significa que o acelerômetro fará 100 medições de aceleração por segundo, a cada 1/100 de segundo (ou a cada 0,01 segundo) (Micó-Amigo *et al.*, 2023). Uma taxa de amostragem alta, como 1000 Hz, fará 1000 medições de aceleração por segundo, ou uma a cada 1/1000 de segundo (ou a cada 0,001 segundo) (Akenhead *et al.*, 2014). A escolha da taxa de amostragem depende dos objetivos do estudo ou da aplicação. Taxas de amostragem mais altas podem capturar detalhes finos e precisos de movimento, mas também resultarão em um volume maior de dados, além de um alto consumo de bateria (Gómez-Carmona, 2021). Por outro lado, taxas de amostragem mais baixas podem economizar energia da bateria e espaço de armazenamento, mas podem perder informações importantes sobre movimentos rápidos (Khan *et al.*, 2016).

Taxas de amostragem mais altas, como 250 Hz, permitem a detecção de mudanças sutis na mobilidade, além de auxiliarem na captura de dados de movimento rápido, como movimentos bruscos ou espasmos. Em alguns estudos analisados nesta revisão (Tulipani *et al.*, 2022; Tulipani *et al.*, 2022; Tulipani *et al.*, 2020) foi utilizada a taxa de amostragem de 250 Hz para capturar dados ao sentar e levantar e levantar e sentar, que são movimentos rápidos e que podem detectar o risco de quedas, por exemplo. Essa capacidade de capturar eventos rápidos é essencial para avaliar com precisão a mobilidade e identificar sinais que podem auxiliar no retardo ou na não progressão das complicações da esclerose múltipla. Isso é muito importante em pacientes com essa doença, já que pequenas alterações na função motora podem ser clinicamente relevantes.

A tecnologia vestível mais utilizada para identificar os marcadores objetivos e até mesmo correlacioná-los com biomarcadores subjetivos foram os acelerômetros triaxiais, como o ActiGraph GT3X (Pau *et al.*, 2020; Moon *et al.*, 2017; Sebastião, Learmonth e Motl, 2017; Motl, Sandroff e Sosnoff, 2013), o MC10 BioStamp (Tulipani *et al.*, 2022; Tulipani *et al.*, 2022; Tulipani *et al.*, 2020), o Opal (Shema-Shiratzky *et al.*, 2020; Shema-Shiratzky *et al.*, 2019; Psarakis *et al.*, 2018), o MTx (Xsens, Enschede, Holanda) montados na pele (Moon *et al.*, 2017; Spain *et al.*, 2014) e o BioStamp nPoint® da Medidata (Meyer *et al.*, 2023).

A escolha do acelerômetro adequado para um estudo depende de vários fatores, incluindo os objetivos da pesquisa, as características da população-alvo, o tipo de dados que o estudo deseja coletar e a localização e o posicionamento nos participantes. Além disso, fatores como a taxa de amostragem, a duração da coleta de dados, a compatibilidade com software e plataformas de análise e as restrições orçamentárias são muito importantes de serem analisadas, já que a taxa de amostragem, o tempo carregado, a leitura dos dados em programas e o valor varia de acordo com o modelo.

Dentre as marcas disponíveis no mercado, os acelerômetros da ActiGraph, com sede em Pensacola, Flórida, EUA, são os mais amplamente adotados pelos pesquisadores, representando mais de 50% dos estudos publicados (Ader *et al.*, 2020). Essa avaliação se concentrou exclusivamente na mais recente geração de dispositivos da ActiGraph, ou seja, o GT3X, GT3X+ e wGT3X-BT (Khalil *et al.*, 2017). Nos estudos analisados nesta revisão, o modelo dos acelerômetros triaxiais foram os mais reportados, sendo eles acoplados à diferentes aparelhos. As informações apresentadas acima sobre a marca mais utilizada nos estudos foram confirmadas nesta revisão, já que a maioria deles utilizou o modelo GT3X (Acticorp Co., Pensacola, FL, EUA) (Pau *et al.*, 2020; Psarakis *et al.*, 2018; Sebastião, Learmonth e Motl,

2017; Motl, Sandroff e Sosnoff, 2013), que é um dispositivo da marca ActiGraph, normalmente utilizado no quadril ou no pulso.

O comprometimento da marcha é altamente prevalente em pessoas com esclerose múltipla, pois o declínio no controle neural afeta as funções motoras e, conseqüentemente, a marcha, incluindo a variabilidade e a assimetria da marcha. Essa variabilidade e essa assimetria, tanto do tempo da passada quanto da velocidade da passada, quando avaliadas de maneira objetiva com dispositivos vestíveis, equipados com sensores inerciais, são considerados biomarcadores digitais (Ader *et al.*, 2020).

Os avanços na tecnologia digital de saúde e os refinamentos contínuos dos critérios diagnósticos permitiram diagnóstico e tratamento precoces, e estão sendo feitas tentativas para refinar ainda mais as definições dos fenótipos da doença. O prognóstico da esclerose múltipla varia substancialmente entre pacientes de maneira individual. Juntamente com o julgamento clínico, uma combinação de biomarcadores digitais, de imagem e laboratoriais pode ser útil para prever o curso clínico e otimizar o tratamento em indivíduos com esclerose múltipla. Pesquisas futuras permitirão a identificação de biomarcadores novos e mais precisos de categorização e de prognóstico da esclerose múltipla, o que permitirá a realização de tratamentos personalizados em tempo hábil para prevenir a progressão das complicações da doença.

Recomendamos um foco contínuo no desenvolvimento de novos dispositivos para validar biomarcadores digitais que possam refletir melhor as mudanças complexas na mobilidade associadas a essas condições. É importante que estudos futuros se esforcem para estabelecer diretrizes e critérios para a seleção e o uso desses biomarcadores, considerando não apenas sua sensibilidade e precisão, mas também sua praticidade clínica. Portanto, é importante estabelecer critérios claros para a seleção e o uso de biomarcadores digitais, considerando não apenas sua sensibilidade e precisão, mas também sua praticidade clínica. Uma possibilidade é a integração de biomarcadores digitais em dispositivos acessíveis e fáceis de usar, como acelerômetros triaxiais incorporados a smartphones ou smartwatches. Esses dispositivos oferecem a capacidade promissora de coletar dados precisos e exatos sobre a mobilidade de vida livre de pacientes com esclerose múltipla, incluindo velocidade de caminhada, número de passos, padrões de movimento e equilíbrio.

No futuro, valerá a pena investir em tecnologias avançadas de monitoramento digital, como dispositivos vestíveis equipados com sensores de alta precisão e inteligência artificial, para analisar os complexos padrões de mobilidade dos pacientes com esclerose múltipla. Além disso, o desenvolvimento de aplicativos móveis integrados e plataformas online que permitam

que os pacientes registrem dados sobre seus movimentos diários com facilidade e precisão pode ser uma ferramenta valiosa. A pesquisa contínua e os aprimoramentos nos algoritmos de análise de dados podem ajudar a identificar padrões relevantes, detectar alterações nas condições dos pacientes e oferecer intervenção precoce. Essa abordagem inovadora tem o potencial de revolucionar o monitoramento da mobilidade em pacientes com esclerose múltipla, melhorando a qualidade de vida e promovendo o gerenciamento da doença.

LIMITAÇÕES E CONSIDERAÇÕES FUTURAS

A principal limitação desta revisão está relacionada à possibilidade de seleção dos estudos incluídos. Embora tenhamos seguido critérios de inclusão e exclusão rigorosas, existe a possibilidade de que alguns estudos relevantes não tenham sido identificados ou tenham sido excluídos inadvertidamente. Isso pode resultar em uma visão parcial dos biomarcadores digitais usados na avaliação da mobilidade em pacientes com esclerose múltipla. Pesquisas futuras podem se concentrar na validação e na avaliação da confiabilidade dos biomarcadores digitais usados na avaliação da mobilidade em pacientes com esclerose múltipla. Isso envolve a realização de estudos que comparam os dados obtidos por dispositivos digitais com medidas de referência, como testes clínicos tradicionais. Estudos longitudinais que acompanham os pacientes ao longo do tempo podem fornecer informações valiosas sobre a progressão das complicações da esclerose múltipla e como os biomarcadores digitais podem detectar mudanças na mobilidade ao longo do curso da doença.

Os biomarcadores digitais estão surgindo como uma ferramenta inovadora na avaliação da mobilidade, e a inteligência artificial desempenha um papel importante no avanço desse campo. Ao aproveitar os recursos da inteligência artificial, podemos não apenas melhorar a precisão e a sensibilidade das avaliações de mobilidade, mas também abrir as portas para estratégias de tratamento personalizadas. A inteligência artificial pode ajudar a analisar grandes quantidades de dados de mobilidade, identificar padrões sutis e prever riscos à saúde. A telessaúde também pode se beneficiar desses avanços, pois o monitoramento remoto da mobilidade do paciente pode se tornar mais eficiente e benéfico, melhorando a qualidade geral do atendimento. Embora as limitações deste estudo sejam reconhecidas, o futuro da avaliação da mobilidade em pacientes com esclerose múltipla parece promissor graças aos biomarcadores digitais e à inteligência artificial. Essa tecnologia tem o potencial de transformar a abordagem para compreender e melhorar a mobilidade, proporcionando uma visão mais holística e orientada por dados do atendimento ao paciente. No futuro, serão necessárias mais pesquisas e

validações para explorar todo o potencial dessas ferramentas em benefício dos pacientes e dos profissionais de saúde.

5 CONCLUSÕES

Nossos resultados indicam que os principais padrões e parâmetros do sinal do acelerômetro para avaliar o comprometimento da mobilidade em indivíduos com esclerose múltipla foram capturados por meio de acelerômetros triaxiais vestíveis, unidades de medição inercial, smartphones ou smartwatches. Os parâmetros subjetivos, por outro lado, foram reportados por meio de escalas e questionários validados, recursos que nos permitem avaliar a mobilidade comprometida do indivíduo, mas de maneira menos precisa. Os biomarcadores digitais desempenham um papel fundamental na avaliação e nos protocolos de saúde de qualquer indivíduo. No entanto, é importante entender esses sinais e buscar uma padronização na escolha do melhor método para captar a maior quantidade e a melhor qualidade de sinais, principalmente por indivíduos acometidos por alguma patologia neurológica. Isso nos permitirá progredir na compreensão, no tratamento e na prevenção da progressão e da gravidade das complicações da esclerose múltipla, principalmente no que se refere ao comprometimento da mobilidade nessa população.

REFERÊNCIAS

- ABEM. Brazilian Multiple Sclerosis Association. *What Is Multiple Sclerosis (MS)*; Brazilian Multiple Sclerosis Association: São Paulo, Brazil, 2023.
- Ader, L.G. M. *et al.* Short bouts of gait data and body-worn inertial sensors can provide reliable measures of spatiotemporal gait parameters from bilateral gait data for persons with multiple sclerosis. **Biosensors**, v. 10, n. 9, p. 128, 2020.
- Akenhead, R. *et al.* The acceleration dependent validity and reliability of 10 Hz GPS. **Journal of science and medicine in sport**, v. 17, n. 5, p. 562–566, 2014.
- Arvidsson, D.; Fridolfsson, J.; Borjesson, M. Measurement of physical activity in clinical practice using accelerometers. **Journal of internal medicine**, v. 286, n. 2, p. 137–153, 2019.
- Atrsaei, A. *et al.* Toward a remote assessment of walking bout and speed: Application in patients with multiple sclerosis. **IEEE journal of biomedical and health informatics**, v. 25, n. 11, p. 4217–4228, 2021.
- Backus, D. Increasing physical activity and participation in people with multiple sclerosis: A review. **Archives of physical medicine and rehabilitation**, v. 97, n. 9 Suppl, p. S210-7, 2016.
- Brønd, C.; Arvidsson, D. Sampling frequency affects the processing of Actigraph raw acceleration data to activity counts. **Journal of applied physiology (Bethesda, Md.: 1985)**, v. 120, n. 3, p. 362–369, 2016.
- Cheng, W. *et al.* U-turn speed is a valid and reliable smartphone-based measure of multiple sclerosis-related gait and balance impairment. **Gait & posture**, v. 84, p. 120–126, 2021.
- Chitnis, T. *et al.* Quantifying neurologic disease using biosensor measurements in-clinic and in free-living settings in multiple sclerosis. **npj digital medicine**, v. 2, n. 1, p. 123, 2019.
- DasMahapatra, P. *et al.* Free-living physical activity monitoring in adult US patients with multiple sclerosis using a consumer wearable device. **Digital biomarkers**, v. 2, n. 1, p. 47–63, 2018.
- Dillenseger, A. *et al.* Digital biomarkers in multiple sclerosis. **Brain sciences**, v. 11, n. 11, p. 1519, 2021.
- Flachenecker, F. *et al.* Objective sensor-based gait measures reflect motor impairment in multiple sclerosis patients: Reliability and clinical validation of a wearable sensor device. **Multiple sclerosis and related disorders**, v. 39, n. 101903, p. 101903, 2020.
- Franco, R. C. *et al.* Understanding the difficulties and contextual factors in the daily activities of people with multiple sclerosis: A pilot study. **Cad. Bras. Ter. Ocup.**, v. 30, p. e2942, 2022.
- Gómez-Carmona, C. D. *et al.* What is the most suitable sampling frequency to register accelerometry-based workload? A case study in soccer. **Proceedings of the Institution of**

Mechanical Engineers. Part P, Journal of sports engineering and technology, v. 235, n. 2, p. 114–121, 2021.

Guerreiro, C. T. *et al.* Multiple sclerosis and the body structure and function, activity and participation components of the International Classification of Functioning, Disability and Health (ICF) model. **Rev. Atenas Higeia**, v. 1, p. 25–30, 2019.

Khalil, H. *et al.* Fear of falling in people with multiple sclerosis: Which clinical characteristics are important? **Physical therapy**, v. 97, n. 7, p. 698–706, 2017.

Khan, A. *et al.* Optimising sampling rates for accelerometer-based human activity recognition. **Pattern recognition letters**, v. 73, p. 33–40, 2016.

Maggio, M. G. *et al.* Virtual reality in multiple sclerosis rehabilitation: A review on cognitive and motor outcomes. **Journal of clinical neuroscience: official journal of the Neurosurgical Society of Australasia**, v. 65, p. 106–111, 2019.

Meyer, B. M. *et al.* Chest-based wearables and individualized distributions for assessing postural sway in persons with multiple sclerosis. **IEEE transactions on neural systems and rehabilitation engineering: a publication of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society**, v. 31, p. 2132–2139, 2023.

Micó-Amigo, M.E. *et al.* Assessing real-world gait with digital technology? Validation, insights and recommendations from the Mobilise-D consortium. **Journal of neuroengineering and rehabilitation**, v. 20, n. 1, p. 78-104, 2023.

Midaglia, L. *et al.* Adherence and satisfaction of smartphone- and smartwatch-based remote active testing and passive monitoring in people with multiple sclerosis: Nonrandomized interventional feasibility study. **Journal of medical internet research**, v. 21, n. 8, p. e14863, 2019.

Migueles, J. H. *et al.* Accelerometer data collection and processing criteria to assess physical activity and other outcomes: A systematic review and practical considerations. **Sports medicine (Auckland, N.Z.)**, v. 47, n. 9, p. 1821–1845, 2017.

Moon, Y. *et al.* Monitoring gait in multiple sclerosis with novel wearable motion sensors. **PloS one**, v. 12, n. 2, p. e0171346, 2017.

Mosquera-Lopez, C. *et al.* Automated detection of real-world falls: Modeled from people with multiple sclerosis. **IEEE journal of biomedical and health informatics**, v. 25, n. 6, p. 1975–1984, 2021.

Motl, R.W. *et al.* Accelerometry as a measure of walking behavior in multiple sclerosis. **Acta neurologica Scandinavica**, v. 127, n. 6, p. 384–390, 2013.

MSIF (Multiple Sclerosis International Federation). *Atlas of MS*, 3rd ed.; Multiple Sclerosis International Federation: England and Wales, 2020, 37p.

- Neto, F. S. S. *et al.* Aplicativos móveis para estimulação cognitiva de idosos em processo demencial: uma revisão sistemática. **Research, Society and Development**, v. 12, n. 4, p. e19212441086, 2023.
- Page, M. J. *et al.* The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. **BMJ (Clinical research ed.)**, v. 372, p. n71, 2021.
- Pau, M. *et al.* Does multiple sclerosis differently impact physical activity in women and man? A quantitative study based on wearable accelerometers. **International journal of environmental research and public health**, v. 17, n. 23, p. 8848, 2020.
- Psarakis, M. *et al.* Wearable technology reveals gait compensations, unstable walking patterns and fatigue in people with multiple sclerosis. **Physiological measurement**, v. 39, n. 7, p. 075004, 2018.
- Sasaki, J. E. *et al.* Orientações para utilização de acelerômetros no Brasil. **Revista Brasileira de Atividade Física & Saúde**, v. 22, n. 2, p. 110–126, 2017.
- Sasaki, J. E. *et al.* Measurement of physical activity using accelerometers. Em: LUISELLI, J. K. (Ed.). **Computer-Assisted and Web-Based Innovations in Psychology, Special Education, and Health**. San Diego, CA, US: Elsevier, 2016. v. 389p. 33–60.
- Sebastião, E.; Learmonth, Y.C.; Motl, R.W. Mobility measures differentiate falls risk status in people with multiple sclerosis: An exploratory study. **NeuroRehabilitation**, v. 40, n. 1, p. 153–161, 2017.
- Shema-Shiratzky, S. *et al.* A wearable sensor identifies alterations in community ambulation in multiple sclerosis: contributors to real-world gait quality and physical activity. **Journal of neurology**, v. 267, n. 7, p. 1912–1921, 2020.
- Shema-Shiratzky, S. *et al.* Deterioration of specific aspects of gait during the instrumented 6-min walk test among people with multiple sclerosis. **Journal of neurology**, v. 266, n. 12, p. 3022–3030, 2019.
- Skender, S. *et al.* Accelerometry and physical activity questionnaires - a systematic review. **BMC public health**, v. 16, n. 1, p. 515-525, 2016.
- Souza, M. T. de; Silva, M. D. da; Carvalho, R. de. Integrative review: what is it? How to do it? **Einstein (Sao Paulo, Brazil)**, v. 8, n. 1, p. 102–106, 2010.
- Spain, R. I. *et al.* Body-worn sensors capture variability, but not decline, of gait and balance measures in multiple sclerosis over 18 months. **Gait & posture**, v. 39, n. 3, p. 958–964, 2014.
- Tulipani, L. J. *et al.* Evaluation of unsupervised 30-second chair stand test performance assessed by wearable sensors to predict fall status in multiple sclerosis. **Gait & posture**, v. 94, p. 19–25, 2022.
- Tulipani, L. J. *et al.* Metrics extracted from a single wearable sensor during sit-stand transitions relate to mobility impairment and fall risk in people with multiple sclerosis. **Gait & posture**, v. 80, p. 361–366, 2020.

Tulipani, L. J. *et al.* The sit-to-stand transition as a biomarker for impairment: Comparison of instrumented 30-second chair stand test and daily life transitions in multiple sclerosis. **IEEE transactions on neural systems and rehabilitation engineering: a publication of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society**, v. 30, p. 1213–1222, 2022.

Wallin, M. T. *et al.* Global, regional, and national burden of multiple sclerosis 1990–2016: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016. **Lancet neurology**, v. 18, n. 3, p. 269–285, 2019.

WHO (World Health Organization). Multiple sclerosis. **2023**.

Woelfle, T. *et al.* Practice effects of mobile tests of cognition, dexterity, and mobility on patients with multiple sclerosis: Data analysis of a smartphone-based observational study. **Journal of medical internet research**, v. 23, n. 11, p. e30394, 2021.

Woelfle, T. *et al.* Wearable sensor technologies to assess motor functions in people with multiple sclerosis: Systematic scoping review and perspective. **Journal of medical internet research**, v. 25, p. e44428, 2023.

Yamout, B. I.; Alroughani, R. Multiple Sclerosis. **Semin. Neurol**, v. 38, n. 2, p. 212–225, 2018.

2.2 ARTIGO 2

EXPLORANDO BIOMARCADORES DIGITAIS DE MOBILIDADE EM AMBIENTE LIVRE EM INDIVÍDUOS COM ESCLEROSE MÚLTIPLA

RESUMO

O objetivo deste estudo foi examinar a associação dos dados de acelerometria e diversas variáveis, visando identificar possíveis biomarcadores digitais de mobilidade em pessoas com esclerose múltipla. Trata-se de um estudo transversal, envolvendo 54 participantes com esclerose múltipla remitente recorrente, com idades entre 18 e 60 anos e com pontuações da Escala Expandida do Estado de Incapacidade (EDSS) não excedendo 4. Os participantes responderam questionários autorrelatados, dentre eles a Escala de Graus de Doença Determinados pelo Paciente (PDDS), utilizada para avaliar a progressão da esclerose múltipla. Os participantes também realizaram testes laboratoriais, sendo eles o Short Physical Performance Battery (SPPB), o Timed Up and Go (TUG) e o Teste de Caminhada de 6 Minutos (6MWT). Os participantes também utilizaram um acelerômetro GT9X-Link e em vida livre, por 7 dias, exceto durante atividades aquáticas. Foram realizadas análises de correlação de Rho de Spearman e regressões lineares construídas em três blocos, com variáveis dependentes e independentes. Os resultados mostraram que a maioria dos participantes era do sexo feminino, de raça branca, com idade média de 37,96 anos e IMC médio de 26,55, além de que revelaram correlações negativas entre a distância percorrida no 6MWT e as pontuações da PDDS (-0,448, $p = 0,002$) e da EDSS (-0,503, $p < 0,001$). Da mesma forma, a velocidade durante o 6MWT demonstrou correlações negativas com a PDDS (-0,448, $p = 0,002$) e com a EDSS (-0,503, $p < 0,001$). A análise de regressão linear identificou o Pico de Cadência de 30 Minutos (PC30M) como um preditor significativo da capacidade de locomoção, com o modelo explicando 46,8% da variação na PDDS (-0,002, $p = 0,011$). Esses resultados apontaram o PC30M como um biomarcador digital de mobilidade, evidenciando que períodos de maior cadência estão associados a um menor nível de severidade da esclerose múltipla. Além disso, sua identificação é importante para auxiliar no retardo da progressão e atenuação da severidade da doença, bem como orientar intervenções terapêuticas voltadas para a melhoria da qualidade de vida e da mobilidade desses pacientes.

Palavras-chave: Esclerose múltipla; biomarcadores digitais; limitação da mobilidade.

EXPLORING DIGITAL BIOMARKERS OF MOBILITY IN A FREE ENVIRONMENT IN INDIVIDUALS WITH MULTIPLE SCLEROSIS

ABSTRACT

The aim of this study was to examine the association between accelerometry data and several variables in order to identify possible digital biomarkers of mobility in people with multiple sclerosis. This is a cross-sectional study involving 54 participants with relapsing remitting multiple sclerosis, aged between 18 and 60 years and with Expanded Disability Status Scale (EDSS) scores not exceeding 4. Participants completed self-reported questionnaires, including the Patient Determined Disease Scale (PDDS), used to assess the progression of multiple sclerosis. The participants also underwent laboratory tests, including the Short Physical Performance Battery (SPPB), the Timed Up and Go (TUG) and the 6 Minute Walk Test (6MWT). The participants also wore a GT9X-Link accelerometer and were free-living for 7 days, except during water activities. Spearman's Rho correlation analyses were carried out and linear regressions constructed in three blocks, with dependent and independent variables. The results showed that the majority of participants were female, white, with an average age of 37.96 years and an average BMI of 26.55. They also revealed negative correlations between the distance covered on the 6MWT and the PDDS (-0.448, $p = 0.002$) and EDSS (-0.503, $p < 0.001$) scores. Similarly, speed during the 6MWT showed negative correlations with the PDDS (-0.448, $p = 0.002$) and the EDSS (-0.503, $p < 0.001$). Linear regression analysis identified Peak 30 Minute Cadence (PC30M) as a significant predictor of walking ability, with the model explaining 46.8% of the variation in PDDS (-0.002, $p = 0.011$). These results point to PC30M as a digital biomarker of mobility, showing that periods of higher cadence are associated with a lower level of multiple sclerosis severity. In addition, its identification is important to help delay the progression and attenuate the severity of the disease, as well as guiding therapeutic interventions aimed at improving the quality of life and mobility of these patients.

Keywords: Multiple sclerosis; digital biomarkers; mobility limitation.

1 INTRODUÇÃO

A esclerose múltipla é uma doença neurodegenerativa e inflamatória crônica que afeta diretamente o sistema nervoso central (SNC), através da desmielinização da bainha de mielina, afetando as conexões neuronais sinápticas, o que contribui para prejuízos cognitivos, sensoriais e motores dos pacientes (Santos, 2019). Segundo a Associação Brasileira de Esclerose Múltipla (ABEM, 2021), o início da esclerose múltipla ocorre, frequentemente, entre 20 e 40 anos e é a causa mais comum de incapacidade neurológica em adultos jovens, com uma prevalência duas vezes maior entre mulheres do que homens. A esclerose múltipla remitente-recorrente (EMRR), representando 85% dos casos, é a mais comum e se caracteriza por períodos de melhora chamados de remissão, e de piora, que podem durar dias, semanas ou até anos (Tian *et al.*, 2020). O diagnóstico é clínico e inclui avaliação dos sintomas e presença de sinais neurológicos detectados em exames, como a ressonância magnética (BCTRIMS, 2021).

As disfunções da marcha, resultantes de uma interação complexa entre fadiga, fraqueza muscular, espasticidade, ataxia e déficits de equilíbrio (Pau, 2016), constituem uma manifestação distintiva em pessoas com esclerose múltipla. Para além de outras complicações, essas disfunções podem ocasionar uma diminuição na velocidade da marcha, redução no comprimento e na cadência dos passos, bem como alterações na duração fisiológica das fases de apoio e de balanço (Gor-García-Fogeda, 2016). O impacto dessa instabilidade postural durante a marcha é significativo para os indivíduos com esclerose múltipla, já que impacta a qualidade de vida deles de maneira adversa, além de aumentar a probabilidade de sofrer quedas (Gullo *et al.*, 2019).

A quantidade total de atividade realizada no ambiente habitual, durante as atividades diárias normais é amplamente reconhecida como a principal medida para avaliar a mobilidade ambulatorial em pessoas com distúrbios neurológicos (Ortiz *et al.*, 2023; Pearson *et al.*, 2004). Isso se deve ao fato de que testes baseados no desempenho podem não refletir com precisão as capacidades reais em contextos do mundo real (Karle *et al.*, 2020). Avanços recentes em tecnologia têm ampliado as possibilidades de obter medidas objetivas do desempenho de mobilidade, permitindo uma compreensão automatizada das condições neurológicas e facilitando sua aplicação em larga escala em ambientes do mundo real (Buckley *et al.*, 2019). A maneira mais adequada de medir a incapacidade de locomoção em pessoas com esclerose múltipla, com resultados mais detalhados e refinados da marcha, é através de dispositivos vestíveis que são específicos para analisar movimentos humanos (Espana-Romero *et al.*, 2014).

Diferentes tipos de sensores de movimento capazes de medir esses movimentos têm sido utilizados para aquisição de dados em tempo real da marcha humana (Muro-de-la-Herran, Garcia-Zapirain e Mendez-Zorrilla, 2014). Dentre eles, encontram-se os acelerômetros, aparelhos eletrônicos que mensuram a aceleração do movimento do corpo em um, dois ou três planos (anteroposterior, medial e vertical), de maneira confiável, quantitativa e não invasiva (Gebruers *et al.*, 2010; Troiano *et al.*, 2014; Lang *et al.*, 2017). Esses dispositivos quantificam objetivamente a frequência, duração e intensidade dos movimentos em função das características dos sinais de aceleração, como o modo de oscilação, o intervalo de tempo e a amplitude deles (Chen e Bassett, 2005). Esses aparelhos podem registrar o desempenho diário e fornecer informações importantes que vão além dos dados de laboratório (Zheng *et al.*, 2023).

A análise de dados de acelerômetros tem sido investigada como uma abordagem inovadora para estabelecer biomarcadores digitais da gravidade e progressão das complicações da esclerose múltipla em vida livre, especialmente para avaliação das deficiências de mobilidade, permitindo dados reais sobre variáveis de mobilidade, como velocidade de caminhada, distância e padrões, como transições posturais (Dillenseger *et al.*, 2021; Polhemus *et al.*, 2020; Vienne-Jumeau *et al.*, 2020; Warmerdam *et al.*, 2020; Porciuncula *et al.*, 2018). Biomarcadores digitais são dados fisiológicos e comportamentais objetivos e quantificáveis, capturados por dispositivos digitais, como os acelerômetros (Dillenseger *et al.*, 2021).

Na esclerose múltipla, esses biomarcadores podem ser subdivididos em diagnósticos (ajudam a diferenciar entre diferentes doenças), prognósticos (permitem aos médicos estimar como uma doença pode se desenvolver depois de diagnosticada), preditivos (prevê a resposta ao tratamento e, assim, ajuda a decidir qual paciente tem maior probabilidade de se beneficiar de um determinado tratamento), atividades da doença (mede os componentes inflamatórios/neurodegenerativos da doença) e respostas ao tratamento (respondedores versus não respondedores de um determinado tratamento) (Dillenseger *et al.*, 2021). Apesar de encontrarem-se em estágios iniciais de desenvolvimento, pesquisas adicionais são necessárias para otimizar a aplicação específica deles na esclerose múltipla. Essa abordagem apresenta o potencial para identificar precocemente declínios na mobilidade e na função física, permitindo intervenções oportunas que visam retardar a progressão das complicações da doença e reduzir incapacidades físicas (Sasaki *et al.*, 2022).

Assim, é de extrema importância buscar métodos apropriados para mensurar a incapacidade de locomoção, como os acelerômetros, que oferece resultados reprodutíveis, confiáveis e clinicamente relevantes, detectando e quantificando mudanças na velocidade ou na direção do movimento (De Queiroz, Alves e Sasaki, 2023; Block *et al.*, 2016), sendo possível

identificar biomarcadores digitais de mobilidade na esclerose múltipla. Dessa maneira, o presente trabalho tem como objetivo examinar a associação dos dados de acelerometria com diversas variáveis, no intuito de identificar possíveis biomarcadores digitais de mobilidade em pessoas com esclerose múltipla.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Trata-se de um estudo transversal que teve a participação de 54 indivíduos com esclerose múltipla remitente recorrente de três cidades de Minas Gerais, Uberaba, Uberlândia e Patos de Minas. O projeto foi previamente submetido e aprovado pelo comitê de Ética e Pesquisa da Universidade Federal do Triângulo Mineiro – UFTM, sob o registro CAAE nº 65880022.2.0000.5154 e número do parecer 6.529.094.

2.1 SELEÇÃO DA AMOSTRA

Os participantes foram recrutados por meio de indicações feitas por médicos neurologistas do Hospital de Clínicas da Universidade Federal do Triângulo Mineiro (UFTM) e do Hospital de Clínicas da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), por associações de pessoas com esclerose múltipla de ambos os municípios, e por indicação dos próprios participantes da pesquisa.

2.2 CRITÉRIOS DE SELEÇÃO E EXCLUSÃO

Os critérios de inclusão foram: possuir esclerose múltipla remitente recorrente; idade entre 18 a 60 anos; não ter apresentado surto no mês prévio; Ter Escala Expandida do Status de Incapacidade (EDSS) entre 0 e 4; e estar apto para a realização de atividade física. O critério de exclusão do estudo foi: possuir qualquer condição e/ou contraindicação que impedisse a prática de atividade física.

2.3 LOCAIS DE AVALIAÇÃO

Após a seleção do grupo amostral, os mesmos foram avaliados no Laboratório do Grupo de Pesquisas em Ciência do Exercício, Saúde e Desempenho Humano da (UFTM); no Laboratório de Fisiologia Cardiorrespiratória e Metabólica na Universidade Federal de Uberlândia – UFU – Campus Educação Física (*Faculdade de Educação Física* e Fisioterapia – FAEFI) e no Laboratório de Avaliação Física e Fisiologia do Exercício da Universidade de Patos de Minas – UNIPAM.

2.4 DESENHO DO ESTUDO

Trata-se de um estudo metodológico para a identificação de sinais de acelerometria como biomarcadores digitais de mobilidade em pessoas com esclerose múltipla.

Nesse estudo, os participantes foram recrutados por associações de esclerose múltipla, neurologistas e indicações dos próprios pacientes, sendo contatados por telefone, via ligação e WhatsApp, para verificar sua adequação aos critérios de inclusão. Os testes foram programados para serem realizados em um único dia, considerando a conveniência de datas e horários para cada participante, levando em conta que a duração aproximada seria de duas horas. Também foi esclarecido aos participantes o local onde os testes seriam realizados. A inicialização do acelerômetro foi realizada no software Actilife. Na data marcada, houve um encontro com o participante no laboratório, em que foi fornecida a explicação detalhada sobre o estudo e foram fornecidas respostas detalhadas às perguntas que o participante possuía. Foi realizada a obtenção do consentimento dos participantes por meio do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) e, em seguida, o acelerômetro foi devidamente posicionado no participante. Efetuou-se a mensuração do peso e da estatura dos participantes, seguindo o protocolo estabelecido no estudo. Os participantes responderam aos questionários autorrelatados: o Questionário Sociodemográfico, o Questionário Autorrelatado da Esclerose Múltipla, a PDDS, o Questionário Internacional de Atividade Física (IPAQ) e o Questionário de Atividade Física de Lazer Godin-Shephard (GSLTPAQ). Foi conduzida a aplicação do teste Short Physical Performance Battery (SPPB), seguido do Timed Up and Go (TUG) e, por fim, do Teste de Caminhada de 6 Minutos (TC6M).

Após a conclusão dos testes e do preenchimento dos questionários, os participantes receberam o acelerômetro, o diário e as instruções para utilização do acelerômetro em atividades de vida livre, assim como para o preenchimento do diário conforme orientações fornecidas. Houve contato diário com os participantes para esclarecimento de dúvidas relacionadas à utilização do acelerômetro durante o período de coleta de dados. Após decorridos 7 dias, foi realizado contato com os participantes para a devolução do acelerômetro e do diário preenchido. Os dados coletados foram transferidos e processados no Software ActiLife, com análise estatística utilizando o Software Jamovi.

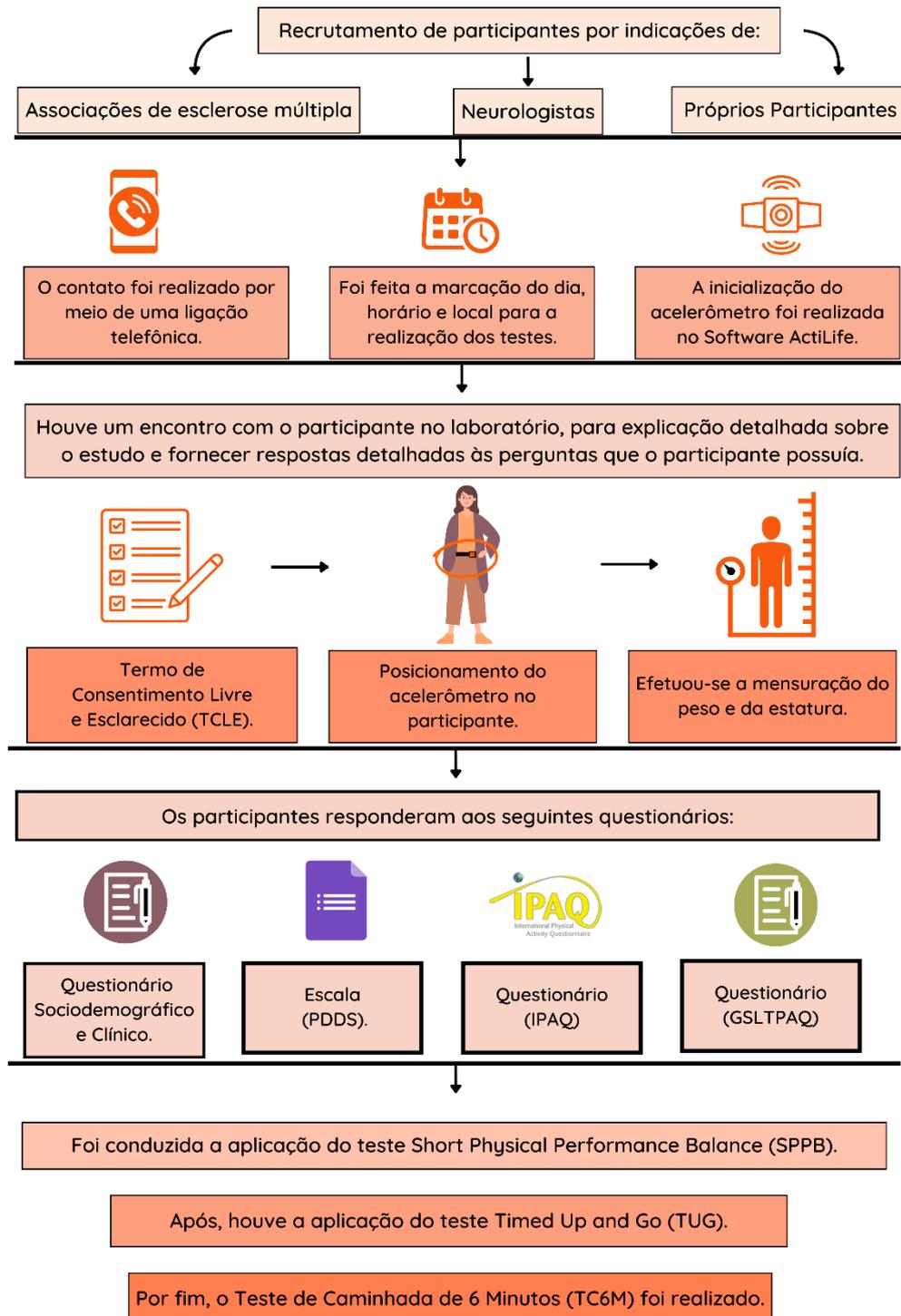


Figura 1 – Etapas do Estudo

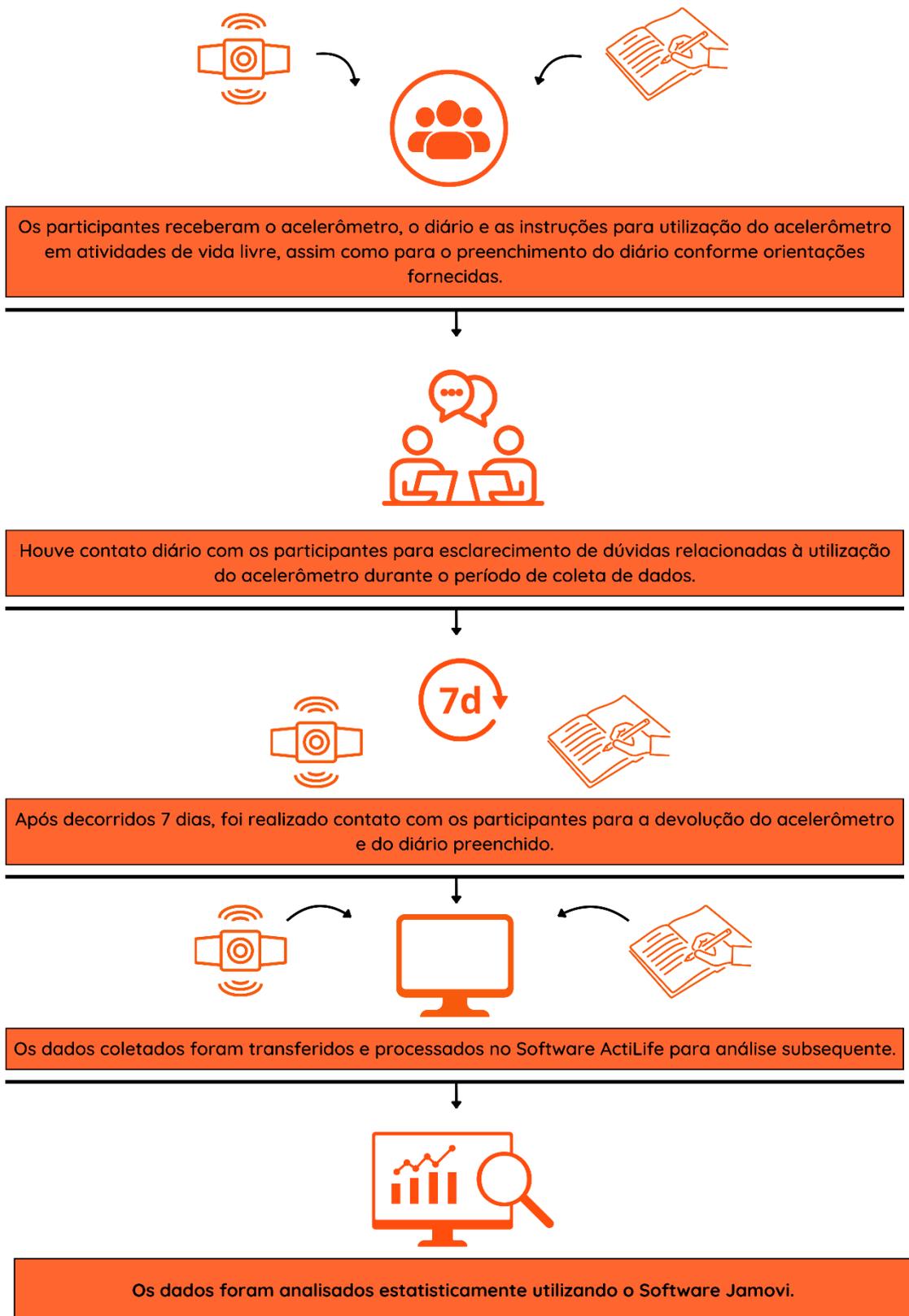


Figura 2 – Processo de Coleta em Vida Livre

2.5 AVALIAÇÃO DA INCAPACIDADE DA MARCHA

A ferramenta de avaliação e medição da incapacidade da marcha, sendo um padrão aceito e que é mais usado comumente é a EDSS, uma escala que foi destinada a medir a função máxima de cada paciente de acordo com seu déficit neurológico pela avaliação de 8 sistemas funcionais, incluindo funções piramidais e cerebelares, que se relacionam à marcha. Essa escala varia de 0 a 10, na qual quanto mais alta a classificação na escala, mais comprometimento neurológico e, conseqüentemente, maior prejuízo funcional (Kurtzke, 1983). Por isso, foi solicitado à esses neurologistas que indicassem pacientes com o EDSS entre 0 e 4, que foi o intervalo utilizado neste estudo. Aos outros participantes que não foram indicação dos médicos, foi questionado no momento da triagem e, caso não soubessem, foi pedido para que entrassem em contato com o seu neurologista e questionassem.

2.6 CONTATO COM OS PARTICIPANTES

Após a seleção dos participantes, estabelecemos contato por telefone para confirmar o interesse em participar do estudo e garantir a adequação aos critérios de inclusão. Os participantes compareceram na data e no horário marcados, onde receberam explicações detalhadas sobre os procedimentos do estudo. Após esclarecimento de dúvidas e obtenção do consentimento, assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) antes da realização dos questionários autorrelatados e dos testes físicos, incluindo a colocação do acelerômetro e a medição de peso e estatura.

2.7 QUESTIONÁRIOS AUTORRELATADOS

Os participantes foram submetidos a questionários autorrelatados, abrangendo três distintas categorias. O Questionário Sociodemográfico coletou informações pertinentes ao perfil dos participantes, tais como nível de escolaridade (analfabeto/fundamental I incompleto, fundamental I completo/fundamental II incompleto, fundamental II completo/médio incompleto, médio completo/superior incompleto, superior completo), estado civil (solteiro(a), casado(a), separado(a), divorciado(a), viúvo(a)), situação profissional atual (trabalha atualmente, não trabalha atualmente, desempregado/pensionista, incapaz ao trabalho), e a renda média domiciliar (R\$21.826,74 (CLASSE A), R\$10.361,48 (CLASSE B1), R\$5.755,23 (CLASSE B2), R\$3.276,76 (CLASSE C1), R\$1.965,87 (CLASSE C2), até R\$900,60 (CLASSE DE)). Já o Questionário Autorrelatado da Esclerose Múltipla, que abordou aspectos relacionados à condição clínica dos participantes, incluindo o tipo de esclerose múltipla

diagnosticada, o método de diagnóstico empregado, o tempo decorrido desde o diagnóstico, a data do último surto experimentado e a relação dos medicamentos consumidos.

Além disso, os participantes responderam à Escala de Graus de Doença Determinados pelo Paciente (PDDS), que é uma medida de incapacidade de mobilidade relatada pelo paciente. Nesta escala, os participantes atribuíram, por meio de uma escala de 1 (normal) a 9 (acamado), a severidade percebida de sua condição durante o período de coleta de dados. Ela foi validada no Brasil com classificação geral correta das categorias de deficiência de 79,3% e os resultados indicaram excelente reprodutibilidade teste-reteste para o PDDS/BR (Coeficiente de Correlação Intraclasse = 0,911, IC 95%: 0,685–0,918) (David *et al.*, 2019). É relevante ressaltar que somente foram considerados os dados provenientes de participantes com PDDS variando de 1 a 5, englobando desde a condição normal até o estágio de necessidade precoce de apoio com bengala. Esse critério proporcionou uma base sólida para a avaliação da amostra, garantindo consistência na análise da amostragem específica.

Os participantes também responderam ao IPAQ versão curta, que tem o objetivo de medir o nível de atividade física em uso internacional. O IPAQ inclui questões sobre o tempo de atividade física e de comportamento sedentário em uma semana comum. O IPAQ inclui questões sobre o tempo gasto em atividades físicas de intensidade leve, moderada e vigorosa, bem como sobre o tempo gasto sentado. Ele foi validado com $p > 0,41$ na versão curta, parecendo ter validade e reprodutibilidade similares a de outros instrumentos utilizados internacionalmente para medir nível de atividade física (Matsudo *et al.*, 2001).

Além disso, o Questionário de Atividade Física de Tempo de Lazer de Godin-Shephard (GSLTPAQ) também foi utilizado, tendo como objetivo medir a atividade física no tempo de lazer. Foi validado no Brasil e demonstrou nível 3 de evidência de validade com medidas indiretas de atividade física e aptidão cardiorrespiratória (João *et al.*, 2015).

2.8 TESTES FÍSICOS REALIZADOS

Os participantes realizaram três testes físicos: SPPB, TUG e TC6M. O SPPB combina dados dos testes de velocidade da marcha, de equilíbrio estático e de força de membros inferiores. Para velocidade de marcha, foi registrado o melhor/menor tempo necessário para que o participante percorresse uma distância de 3 metros em seu ritmo normal. Para avaliar o equilíbrio estático, os participantes foram cronometrados em três posições distintas (pés lado a lado, pés um pouco à frente e pés totalmente à frente) em posição ereta, com um tempo ideal de 10 segundos para cada posição. Aqueles capazes de manter o equilíbrio e a postura por 10 segundos avançavam para a próxima posição, mais desafiadora e exigente em termos de

equilíbrio. A avaliação da força dos membros inferiores envolveu o teste de sentar e levantar, com a repetição do movimento por 5 vezes no máximo de rapidez e segurança possível, sem apoio dos braços; antes disso, o participante executou o teste uma vez para assegurar a viabilidade de repetir por 5 vezes sem riscos. As pontuações atribuídas para cada componente nas três avaliações variaram de 0 (incapacidade de completar a avaliação) a 4 (desempenho altamente proficiente), sendo subseqüentemente somadas. A pontuação total, variando de 0 a 12, reflete a função física geral, sendo que pontuações mais elevadas indicam um melhor desempenho funcional (Motl *et al.*, 2015).

O TUG consiste de o indivíduo se levantar de uma cadeira (de aproximadamente 46 cm) sem o apoio dos braços. Após receber o comando, o participante caminhou por uma linha reta a uma distância de 3 metros (em um ritmo auto selecionado, porém seguro), contornou um cone, caminhou de volta e sentou-se novamente. O resultado do teste é o tempo total, medido em segundos, que o participante levou para completar o teste. Durante a realização do teste, os participantes tiveram permissão para utilizar auxílios se necessário. O TUG é empregado para avaliar a função ambulatorial dos participantes, abrangendo a velocidade e a resistência durante a caminhada (Sebastião *et al.*, 2016; Podsiadlo e Richardson, 1991). Cada participante realizou três tentativas, registrando-se o menor tempo obtido.

O TC6M mede a distância máxima que uma pessoa pode caminhar, em sua maior velocidade, sem correr e dentro dos limites de segurança e estabilidade, em um espaço amplo e aberto, livre de obstáculos, ao longo de um período de 6 minutos. O teste foi validado e está fortemente correlacionados com outras medidas de mobilidade. Um estudo mostrou um erro residual médio de 29,2 (31,0) metros ao comparar a distância prevista com a distância real do TC6M, resultando em um erro relativo médio (DP) de 11,1% (13,1%) (variação de 0,7%-41,4%) (Cooper, 1968). No presente estudo, a distância percorrida foi medida através de um medidor de distância equipado com uma roda, da marca VONDER, que possui contador analógico de 5 dígitos.

2.9 MEDIÇÃO DA ATIVIDADE FÍSICA

Após a conclusão dos testes, os participantes levaram um acelerômetro GT9X-Link da marca ActiGraph (ActiGraphCorp, LLC, Pensacola, FL) para suas casas. O acelerômetro foi posicionado em um cinto dentro de um pequeno invólucro, visando minimizar possíveis mudanças no comportamento dos participantes. Este acelerômetro mede acelerações entre $\pm 8G$ a uma taxa de amostragem de até 100Hz. A inicialização do dispositivo foi realizada por meio do software ActiLife versão 6.13.4 (ActiGraph LLC, Pensacola, Florida, EUA). A colocação

do acelerômetro nos participantes ocorreu no quadril, na região da crista ilíaca, do lado não dominante, sobre ou abaixo da vestimenta.

Os participantes foram orientados a utilizar o aparelho ininterruptamente ao longo de sete dias consecutivos, exceto em períodos destinados a atividades aquáticas e banho, visando captar dados em ambiente de vida livre. Eles deveriam começar a utilizá-lo no dia seguinte da realização dos testes em laboratório. Os participantes também receberam um diário para registro da utilização do aparelho. Além disso, foram fornecidas instruções verbais e impressas sobre o manuseio do dispositivo caso os participantes tivessem quaisquer dúvidas ao longo do período de utilização.

Ao longo do período de sete dias, os pesquisadores mantiveram comunicação regular com os participantes, enviando mensagens para esclarecer dúvidas e assegurar que a utilização do acelerômetro transcorresse de maneira adequada. Este procedimento teve por objetivo otimizar a qualidade dos dados coletados e fornecer suporte aos participantes, garantindo assim a integridade das informações registradas no diário. Ao término do período de monitoramento, os pesquisadores estabeleceram contato com os participantes para coordenar a devolução dos acelerômetros pelos participantes.

Os dados registrados durante os sete dias de monitoramento foram posteriormente baixados no mesmo computador e software, ActiLife. Os dados brutos foram convertidos em counts e reintegrados em *epochs* (intervalos) de 60 segundos. Para verificação do número de dias válidos de uso, foi aplicado o algoritmo automatizado de, no mínimo, 3 dias utilizados com + 10 horas por dia de uso, sendo ao menos 1 dia de final de semana. Essa estratégia permitiu uma análise mais precisa e comparável dos padrões de atividade física ao longo do período de monitoramento.

Para estimar o comportamento sedentário e a atividade física com base nos dados de acelerometria, foram aplicados os pontos de corte estabelecidos por Sandroff (2012), que são específicos para pessoas com esclerose múltipla, em que o Comportamento Sedentário (CS) foi classificado entre 0 e 99, atividade física leve entre 100 e 1583 e Atividade Física Moderada-Vigorosa (AFMV) acima de 1584. A quantificação da AFMV também foi realizada em bouts, os quais são definidas como Bouts Sandroff (BS), definidos como períodos contínuos que ultrapassaram determinado ponto de corte (Sandroff, Motl e Suh, 2004), que no caso deste estudo, foi definido como 10 minutos.

Para estimar o comportamento sedentário e atividade física Durante a reintegração de dados, foi realizado a derivação da métrica de passos diários a partir dos registros dos acelerômetros. O Pico de Cadência de 30 Minutos (PC30M) (passos/minuto) é definido como

os 30 melhores minutos não consecutivos mais altos em um dia (frequência de passos ao caminhar) de um indivíduo (Zheng *et al.*, 2023). Neste estudo, ele foi derivado, inicialmente, através da classificação dos valores de passos/minuto de um participante em cada dia válido. Após, foi determinado a média dos 30 valores mais altos de cada dia, seguida pelo cálculo da média dos valores de cadência resultantes em todos os dias válidos. Já o pico de cadência de 1 minuto foi obtido calculando a média do valor máximo de passos/minuto individual para cada dia ao longo de todos os dias de uso considerados válidos. A contagem máxima de passos foi realizada diariamente, considerando o período total de monitoramento de cada participante.

As variáveis Sem Movimento (SM) (0 passos/minuto), Movimento Incidental (MI) (1-19 passos/minuto), Movimento Esporádico (ME) (20-39 passos/minuto), Movimento Proposital (MP) (40-59 passos/minuto), Caminhada Lenta (CL) (60-79 passos/minuto), Caminhada Média (CM) (80-99 passos/minuto), Caminhada Moderada (CMO) (100-119 passos/minuto) e Caminhada Rápida (CR) (> 120 passos/minuto) determinam as diferentes bandas de cadência (Zheng *et al.*, 2023). Essa classificação de cadência de passos é derivada de estudos anteriores realizados na população adulta em geral, porém, é considerada apropriada para pessoas com esclerose múltipla, levando em consideração os limites estabelecidos para a intensidade de atividade física entre indivíduos com diversos níveis de deficiência (Sasaki *et al.*, 2022).

2.8 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados do presente estudo foram tabulados no Microsoft Office Excel® 2013 (Microsoft Corporation, Redmond, WA, USA) com dupla digitação e dupla checagem para assegurar a precisão. Todas as análises estatísticas foram realizadas no software Jamovi versão 2.3.16 (The Jamovi Project, 2024), considerando o nível de significância estatística de $p < 0,05$. Foi utilizada estatística descritiva, com valores expressos em médias e desvio padrão para caracterização da amostra. A caracterização da amostra foi realizada comparando valores, conforme grau de severidade da doença (Grupo 1: PDDS 1 e PDDS 2; e Grupo 2: PDDS 3, PDDS 4 e PDDS 5). Para comparação entre grupos, foi empregado o teste t para amostras independentes. A normalidade dos dados foi verificada pelo teste de Shapiro-Wilk. Os resultados foram apresentados por meio de gráficos e tabelas.

Os parâmetros temporais da marcha foram calculados usando o acelerômetro triaxial ActiGraph® GT9X Link. Foram realizadas análises de correlação Rho de Spearman do PDDS e do EDSS com os testes realizados (TC6M, SPPB e TUG) e as variáveis dos acelerômetros

(Passos Por Dia em Vida Livre (PPDVL), Passos Por Minuto em Vida Livre (PPMVL), AFMV, BS, PC30M, SM, MI, ME, MP, CL, CM, CMO, CR).

Foram realizadas também três regressões lineares para investigar a relação entre variáveis dependentes (PDDS, TUG e TC6M) e diversas variáveis independentes em pessoas com esclerose múltipla. Os três modelos de regressão foram construídos em três blocos, sendo o primeiro bloco com variáveis sociodemográficas (idade, sexo, trabalha), o segundo bloco introduzindo variáveis clínicas e físicas (Índice de Massa Corporal (IMC), Número de Medicamentos (NM), Tempo de Diagnóstico (TD)), e o terceiro bloco incluindo variáveis de mobilidade (CS, AFMV, Contagem Máxima de Passos (CMP), PC30M).

3 RESULTADOS

A amostra inicial deste estudo foi constituída por 104 pacientes diagnosticados com esclerose múltipla. No entanto, durante o processo de seleção, 01 participante foi excluído devido a um escore EDSS superior a 4, indicando uma maior gravidade da doença. Além disso, 07 indivíduos não puderam participar devido à idade fora dos critérios de inclusão estabelecidos, dos quais 03 eram menores de 18 anos, sendo 01 do sexo masculino com 12 anos e 02 mulheres de 17 anos, e as outras 04 eram mulheres com mais de 60 anos. Nove indivíduos desistiram voluntariamente, 11 apresentaram outros tipos de esclerose múltipla que não eram do tipo remitente recorrente, tornando-os incompatíveis de acordo com os critérios de inclusão, e 22 não participaram devido à sua disponibilidade geográfica.

A amostra final foi composta por 54 participantes com esclerose múltipla, originários de três cidades de Minas Gerais. A faixa etária dos participantes variou de 18 a 60 anos, com uma média de $37,96 \pm 10,26$ anos, enquanto o IMC médio foi de $26,55 \pm 5,18$. A maioria dos participantes (88,89%) era do sexo feminino e pertencia à raça branca (61,1%). Cerca de 46,29% dos participantes tinham completado o ensino médio ou possuíam educação superior incompleta, enquanto metade deles (50%) eram casados. Aproximadamente 55% dos participantes estavam empregados, e 31,48% tinham uma renda média classificada como classe B2.

A Tabela 1 fornece uma descrição detalhada da caracterização da amostra, dividida entre os Grupos 1 e 2, categorizados com base na Escala de Graus de Doença Determinados pelo Paciente (PDDS) em pessoas com esclerose múltipla.

Tabela 1. Caracterização da Amostra (n = 54)

Variáveis	Grupo 1 n = 36	Grupo 2 n = 18	p
Idade, anos	36,94 ± 10,38	40,00 ± 9,99	0,307
Peso, kg	70,08 ± 12,90	73,08 ± 15,50	0,454
Estatutura, m	1,63 ± 0,05	1,65 ± 0,10	0,383
IMC, kg/m ²	26,52 ± 4,80	27,35 ± 6,12	0,602
SPPB	3,61 ± 0,50	3,28 ± 0,75	0,119 *
AF IPAQ, min/semana	970,69 ± 1555,56	922,85 ± 1608,11	0,169 *
CS IPAQ, min/semana	1795,70 ± 1142,70	1782,50 ± 1029,85	0,862 *

TUG, s	1,00 ± 0,00	1,28 ± 0,46	0,001 *
TC6M, m	545,45 ± 61,62	427,81 ± 159,80	< ,001
GSLTPAQ	34,89 ± 23,61	22,83 ± 30,25	0,019 *
PPMVL	5,05 ± 2,41	4,83 ± 2,20	0,743
PPDVL	5570,84 ± 2191,72	5267,20 ± 2294,46	0,642

* Teste U de Mann-Whitney; Grupo 1: PDDS 1 e PDDS 2; Grupo 2: PDDS 3, PDDS 4 e PDDS 5; PDDS: Escala de Graus de Doença Determinados pelo Paciente; IMC: Índice de Massa Corporal; SPPB: Short Physical Performance Battery; AF: Atividade Física; CS: Comportamento Sedentário; IPAQ: Questionário Internacional de Atividade Física; TUG: Timed Up and Go; TC6M: Teste de Caminhada de 6 Minutos; GSLTPAQ: Godin-Shephard Leisure-Time Physical Activity Questionnaire; PPMVL: Passos Por Minuto em Vida Livre; PPDVL: Passos Por Dia em Vida Livre.

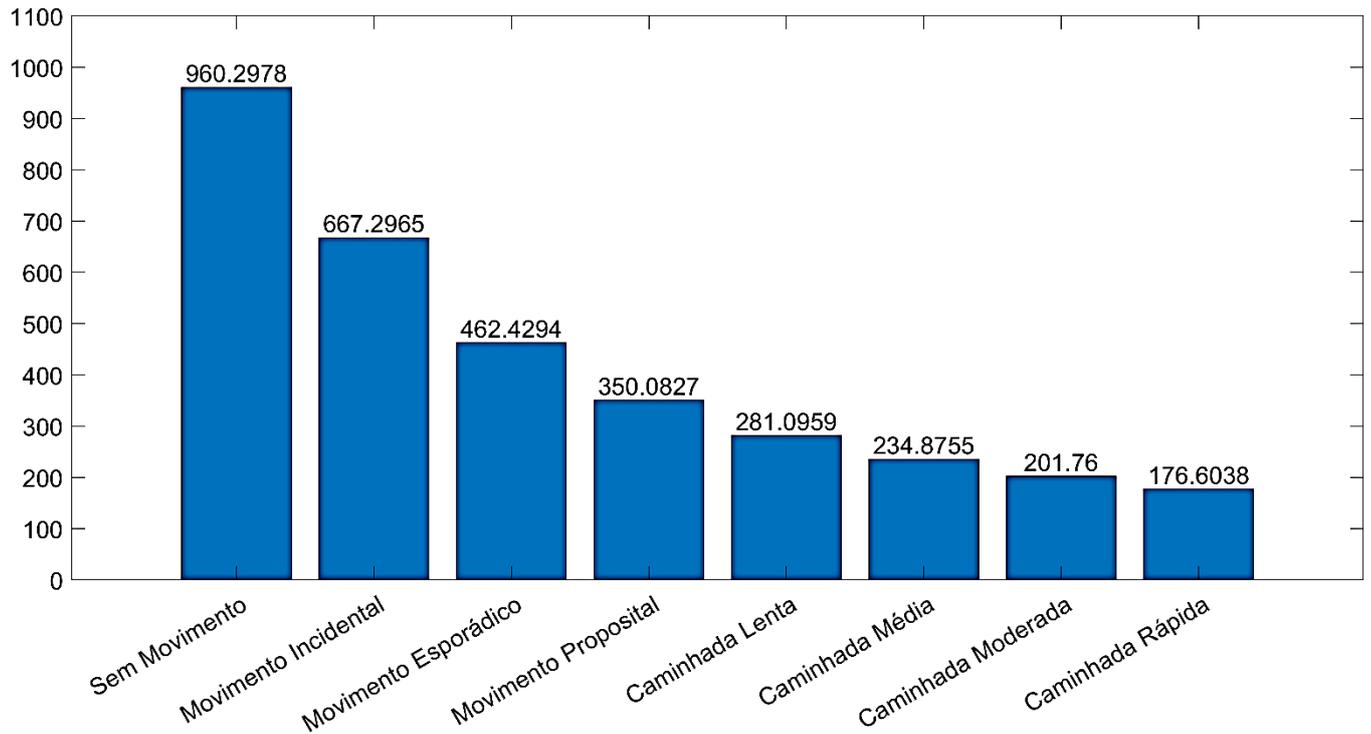
Não foram observadas diferenças significativas em idade, peso, estatura e IMC entre os grupos. Isso sugere homogeneidade na distribuição dessas variáveis, minimizando potenciais vieses associados à características demográficas. Embora o SPPB não tenha apresentado diferenças estatisticamente significativas, a análise do TC6M revela divergências marcantes. O Grupo 2 demonstrou distâncias significativamente menores e, conseqüentemente, velocidades mais lentas, indicando possíveis comprometimentos na capacidade funcional desses pacientes com esclerose múltipla.

Os resultados do IPAQ indicam similaridade nos níveis de atividade física e comportamento sedentário entre os grupos. O tempo do TUG foi significativamente maior no Grupo 2, sugerindo comprometimentos na mobilidade e no equilíbrio.

O GSLTPAQ revela uma diferença estatisticamente significativa nos níveis de atividade física de lazer entre os grupos. Em contrapartida, não foram observadas diferenças significativas nos PPMVL e nos PPDVL.

O Gráfico 1 representa a média de tempo gasto em diferentes bandas de cadência, variando desde períodos sem movimento até diferentes níveis de atividade, como caminhada lenta, média, moderada e rápida. Cada banda de cadência reflete a intensidade do movimento, sendo quantificada em segundos.

Gráfico 1. Média de Tempo Gasto por Banda de Cadência



A Tabela 2 apresenta os resultados da análise de correlação de Spearman das variáveis PDDS e EDSS com variáveis independentes, sendo controladas pela 'idade', 'tempo de diagnóstico (meses)', 'número de medicamentos' e 'Índice de Massa Corporal (IMC)'.

Tabela 2. Correlação Rho de Spearman

Variáveis	TC6M, m	SPPB	TUG, s	PPDVL	PPMVL	AFMV	BS (2012)	PC30M	SM	MI	ME	MP	CL	CM	CMO	CR
PDDS	-0,448**	-0,248	0,516***	-0,208	-0,028	0,268	0,060	-0,497**	0,248	-0,067	-0,069	-0,135	-0,158	-0,265	-0,311*	-0,296*
	0,002	0,093	< 0,001	0,171	0,856	0,072	0,694	< 0,001	0,093	0,655	0,644	0,365	0,287	0,072	0,033	0,044
EDSS	-0,503***	-0,428**	0,545***	-0,122	0,008	0,178	-0,021	-0,313*	0,208	-0,114	-0,130	-0,152	-0,154	-0,175	-0,246	-0,203
	< 0,001	0,003	< 0,001	0,423	0,955	0,236	0,892	0,036	0,160	0,445	0,383	0,308	0,302	0,239	0,096	0,172

A correlação foi controlada pela 'IDADE', 'TEMPO DE DIAGNÓSTICO (MESES)', 'NÚMERO DE MEDICAMENTOS' e 'ÍNDICE DE MASSA CORPORAL (IMC)'. * $p < .01$; ** $p < .001$. PDDS: Escala de Graus de Doença Determinados pelo Paciente; EDSS: *Escala* Expandida do Estado de Incapacidade; TC6M: Teste de Caminhada de 6 Minutos; SPPB: Short Physical Performance Battery; TUG: Timed Up and Go; PPMVL: Passos Por Minuto em Vida Livre; PPDVL: Passos Por Dia em Vida Livre; AFMV: Atividade Física Moderada-Vigorosa; BS: Bouts Sandroff; PC30M: Pico de Cadência de 30 Minutos; SM: Sem Movimento; MI: Movimento Incidental; ME: Movimento Esporádico; MP: Movimento Proposital; CL: Caminhada Lenta; CM: Caminhada Média; CMO: Caminhada Moderada; CR: Caminhada Rápida.

Observamos correlações negativas e estatisticamente significativas entre a distância percorrida no TC6M e as avaliações da PDDS (-0,448, $p = 0,002$) e EDSS (-0,503, $p < 0,001$) (Tabela 2). A distância durante o TC6M também apresentou correlações negativas com PDDS (-0,448, $p = 0,002$) e EDSS (-0,503, $p < 0,001$) (Tabela 2). Além disso, o SPPB, que combina dados de velocidade da marcha, equilíbrio estático e força de membros inferiores, mostrou uma correlação negativa marginal com a PDDS (-0,248, $p = 0,093$) (Tabela 2).

O TUG revelou correlações estatisticamente significativas, estabelecendo associações entre o tempo de execução do teste e as pontuações da PDDS (0,516, $p < 0,001$) e da EDSS (0,545, $p < 0,001$) (Tabela 2).

As variáveis relacionadas à atividade física, como PPDVL (-0,208, $p = 0,171$) e PPMVL (-0,028, $p = 0,856$) (Tabela 2), não apresentaram correlações significativas com o PDDS. A análise da AFMV revelou uma correlação positiva marginal com a PDDS (0,268, $p = 0,072$) (Tabela 2), indicando uma possível associação entre níveis mais elevados de atividade física e menor gravidade da doença. Em contrapartida, os resultados do BS mostraram correlações não significativas com a PDDS (0,060, $p = 0,694$) e com a EDSS (-0,021, $p = 0,892$) (Tabela 2).

No que se refere ao Pico de Cadência de 30 Minutos (PC30M), observou-se correlação negativa robusta tanto com a PDDS (-0,497, $p < 0,001$) quanto com a EDSS (-0,313, $p = 0,036$) (Tabela 2). Esses resultados indicam que períodos de maior cadência ao longo de 30 minutos estão associados a níveis inferiores de severidade da esclerose múltipla.

No contexto do estado Sem Movimento (SM), constatou-se uma correlação não significativa, com PDDS (0,248, $p = 0,093$) e EDSS (0,208, $p = 0,160$) (Tabela 2). Ao analisar o Movimento Incidental (MI), verificou-se a ausência de correlações estatisticamente significativas com a PDDS (-0,067, $p = 0,655$) e com a EDSS (-0,114, $p = 0,445$) (Tabela 2). Esses resultados apontam para a falta de uma relação clara entre o movimento incidental e os níveis de severidade da esclerose múltipla.

De maneira similar, foram observadas correlações negativas não significativas tanto do PDDS com ME (-0,069, $p = 0,644$) e MP (-0,135, $p = 0,365$) quanto do EDSS com ME (-0,130, $p = 0,383$) MP (-0,152, $p = 0,308$) (Tabela 2).

Os padrões de resultados se repetem nas análises dos diferentes tipos de caminhada, como na Caminhada Lenta (CL), na Caminhada Média (CM), na Caminhada Moderada (CM) e na Caminhada Rápida (CR), com correlações negativas não significativas com a PDDS e com a EDSS.

Tabela 3. Regressão Linear com PDDS como Variável Dependente

Modelo	Preditor	Coefficiente	p
Bloco 1 R = 0,510; R ² = 0,260	Intercepto	2,80	0,024
	- Idade	0,02	0,202
	- Sexo	-1,17	0,026
	- Trabalha	0,44	0,038
Bloco 2 R = 0,527; R ² = 0,277	Intercepto	2,50	0,092
	- Idade	0,012	0,531
	- Sexo	-1,17	0,033
	- Trabalha	0,41	0,067
	- IMC	0,015	0,654
	- NM	0,022	0,757
	- TD	0,002	0,446
Bloco 3 R = 0,684; R ² = 0,468	Intercepto	3,10	0,066
	- Idade	0,006	0,735
	- Sexo	-0,95	0,074
	- Trabalha	0,32	0,126
	- IMC	0,020	0,559
	- NM	0,022	0,744
	- TD	0,003	0,364
	- CS	4,53e-5	0,642
	- AFMV	0,002	0,248
	- CMP	0,02	0,814
- PC30M	-0,002	0,011	

PDDS: Escala de Graus de Doença Determinados pelo Paciente; IMC: Índice de Massa Corporal; NM: Número de Medicamentos; TD: Tempo de Diagnóstico (Meses); CS: Comportamento Sedentário; AFMV: Atividade Física Moderada Vigorosa; CMP: Contagem Máxima de Passos; PC30M: Pico de Cadência de 30 Minutos.

O primeiro modelo de regressão foi construído em três blocos, cada um introduzindo variáveis adicionais para avaliar seu impacto na predição da PDDS.

No Bloco 1, que incluiu dados sociodemográficos, o modelo apresentou um R² de 0,260. O valor inicial estimado do intercepto (2,80) mostrou significância ($p = 0,024$), assim como o sexo (-1,17, $p = 0,026$) e se o participante trabalhava ou não (0,44, $p = 0,038$) (Tabela 3), sugerindo maior severidade da doença para participantes do sexo masculino e/ou aqueles que não trabalhavam.

No Bloco 2, IMC, NM e TD foram adicionados, resultando em um aumento do R² para 0,277 (Tabela 3). No entanto, nenhuma das três variáveis demonstrou associação significativa, resultando em um aumento mínimo na explicação do modelo.

No Bloco 3, que incluiu variáveis de mobilidade, observamos que o modelo teve um aumento substancial do R^2 para 0,468 (Tabela 3). Notamos que o CS ($4,53e-5$, $p = 0,642$), a AFMV ($0,002$, $p = 0,248$) e a CMP ($0,02$, $p = 0,814$) (Tabela 3) não apresentam associação significativa. No entanto, o PC30M exibiu um coeficiente negativo de $-0,002$ ($p = 0,011$) (Tabela 3), indicando uma associação significativa, onde um aumento na cadência está correlacionado a uma redução no PDSS. Esta última variável foi fundamental para o aumento significativo e para a predição do R^2 neste bloco, explicando 46% da variação na PDSS.

Tabela 4. Regressão Linear com TUG como Variável Dependente

Modelo	Preditor	Coefficiente	p
Bloco 1 R = 0,352; R ² = 0,124	Intercepto	1,38	< ,001
	- Idade	9,71e-4	0,821
	- Sexo	-0,23	0,090
	- Trabalha	0,07	0,180
Bloco 2 R = 0,355; R ² = 0,126	Intercepto	1,43	< ,001
	- Idade	0,001	0,816
	- Sexo	-0,23	0,099
	- Trabalha	0,073	0,197
	- IMC	-0,002	0,807
	- NM	0,004	0,807
	- TD	-1,24e-4	0,883
Bloco 3 R = 0,503; R ² = 0,253	Intercepto	1,56	0,002
	- Idade	1,63e-4	0,976
	- Sexo	-0,24	0,113
	- Trabalha	0,064	0,265
	- IMC	0,001	0,862
	- NM	0,008	0,673
	- TD	-1,45e-4	0,868
	- CS	1,69e-5	0,536
	- AFMV	7,26e-4	0,197
	- CMP	6,00e-6	0,998
- PC30M	-0,002	0,253	

TUG: Timed Up and Go; IMC: Índice de Massa Corporal; NM: Número de Medicamentos; TD: Tempo de Diagnóstico (Meses); CS: Comportamento Sedentário; AFMV: Atividade Física Moderada Vigorosa; CMP: Contagem Máxima de Passos; PC30M: Pico de Cadência de 30 Minutos.

A Tabela 4 apresenta os resultados da análise de regressão linear utilizando o TUG como variável dependente.

No Bloco 1, que incorporou fatores demográficos, observamos que o modelo tem um R^2 baixo (0,124), explicando-o em 12,4% (Tabela 4). Somente o intercepto (1,38) possui significância estatística ($p < ,001$) (Tabela 4).

Ao introduzir variáveis ao Bloco 2, o modelo aumenta em 0,002% ($R^2 = 0,126$) e somente o intercepto continua significativo (1,43, $p = < 0,001$) (Tabela 4).

O Bloco 3 incluiu variáveis relacionadas à mobilidade. Nele, o $R^2 = 0,253$, indicando que o modelo explica em 25,3% a variação do tempo do TUG (Tabela 4). O intercepto mantém significância (1,56, $p = 0,002$) (Tabela 4) e todos os outros preditores não alcançaram significância estatística.

Tabela 5. Regressão Linear com TC6M como Variável Dependente

Modelo	Preditor	Coefficiente	p
Bloco 1 R = 0,403; R ² = 0,162	Intercepto	580,21	< ,001
	- Idade	-1,79	0,280
	- Sexo	35,57	0,483
	- Trabalha	-43,83	0,037
Bloco 2 R = 0,492; R ² = 0,242	Intercepto	661,87	< ,001
	- Idade	-0,568	0,761
	- Sexo	41,673	0,410
	- Trabalha	-35,179	0,093
	- IMC	-4,378	0,191
	- NM	-7,009	0,309
	- TD	-0,191	0,536
Bloco 3 R = 0,702; R ² = 0,493	Intercepto	487,19	0,002
	- Idade	0,553	0,748
	- Sexo	38,40	0,415
	- Trabalha	-28,28	0,131
	- IMC	-7,25	0,021
	- NM	-8,26	0,178
	- TD	-0,21	0,466
	- CS	0,01	0,054
	- AFMV	-0,22	0,227
	- CMP	0,34	0,609
- PC30M	1,33	0,048	

TC6M: Teste de Caminhada de 6 Minutos; IMC: Índice de Massa Corporal; NM: Número de Medicamentos; TD: Tempo de Diagnóstico (Meses); CS: Comportamento Sedentário; AFMV: Atividade Física Moderada Vigorosa; CMP: Contagem Máxima de Passos; PC30M: Pico de Cadência de 30 Minutos.

A Tabela 5 apresenta os resultados da análise de regressão linear com o TC6M como variável dependente, explorando diferentes modelos.

No Bloco 1, que inclui idade, sexo e status de emprego como preditores, o $R^2 = 0,162$ (Tabela 5). Observamos que o intercepto (580,21) é significativo ($p < 0,001$), assim como o status de trabalho (-43,83, $p = 0,037$) (Tabela 5).

Ao introduzir variáveis clínicas e físicas no Bloco 2, verificamos que o modelo melhora em R^2 para 0,242 (Tabela 5). O intercepto (661,87) permanece significativo ($p < 0,001$) (Tabela 5), porém o status de trabalho perdeu sua significância (-4,378, $p = 0,191$) (Tabela 5). As outras variáveis do modelo não apresentaram associações significativas. O IMC exibe uma relação negativa (-4,378, $p = 0,191$) (Tabela 5), sugerindo que o excesso de peso pode impactar negativamente a capacidade de caminhada. Por sua vez, o NM (-7,009, $p = 0,309$) (Tabela 5) indica que o número de medicamentos está associado à redução na distância percorrida.

No Bloco 3, com a inclusão de variáveis de mobilidade, o modelo apresenta um aumento gradual e significativo no R^2 para 0,493 (Tabela 5). A maioria das variáveis continua não sendo significativa, com exceção do IMC (-7,25, $p = 0,021$) e do PC30M (1,33, $p = 0,048$) (Tabela 5), que demonstraram significância estatística. O PC30M indica que um pico de cadência mais baixo está relacionado a uma menor distância percorrida.

O modelo final, com um R^2 de 0,493, evidencia que aproximadamente 49,3% da variabilidade na distância percorrida no TC6M pode ser explicada pelas variáveis incluídas nesta regressão (Tabela 5).

4 DISCUSSÃO

O objetivo principal deste estudo foi identificar biomarcadores digitais de mobilidade em ambiente de vida livre em pessoas com esclerose múltipla remitente recorrente através da análise de dados obtidos pelo acelerômetro GT9X Link da marca ActiGraph. Para atingir esse objetivo, analisamos os sinais de acelerometria captados durante os dias de utilização em vida livre, com a capacidade de caminhada medida de maneira objetiva, além de realizar correlações com os dados obtidos em laboratório. No geral, os resultados mostraram que quanto maior o nível de severidade da doença, apresentados pela EDSS e pela PDDS, menor a distância percorrida e o PC30M.

Na análise da correlação de Rho de Spearman, embora o SPPB não tenha revelado correlação estatisticamente significativa entre os grupos, a análise do TC6M revelou discrepâncias marcantes. O Grupo 2, representado pelo PDDS 3, pelo PDDS 4 e pelo PDDS 5, apresentou distâncias significativamente menores e velocidades mais lentas, enquanto o tempo de execução do TUG foi significativamente maior. Esses resultados sugerem comprometimentos na capacidade funcional e na mobilidade, o que podem afetar diretamente a qualidade de vida e a independência funcional desses participantes.

As diferenças observadas com relação à resistência e à velocidade da marcha em função da incapacidade não são surpreendentes. Vários estudos demonstraram que, quanto maior o nível de severidade da doença, menor é a distância percorrida, maior é o tempo gasto e maior é a incapacidade (Jeng *et al.*, 2022; Sandroff *et al.*, 2014; Motl *et al.*, 2013; Pilutti *et al.*, 2013; Sandroff, Sosnoff e Motl, 2013; Motl *et al.*, 2012; Sosnoff, Sandroff e Motl, 2012; Sosnoff *et al.*, 2011).

Indivíduos com esclerose múltipla apresentam uma tendência a passar mais tempo em CS do que engajados em atividades físicas, sendo a fadiga frequentemente identificada como um fator contribuinte para esse padrão. É importante ressaltar que, o aumento do CS tem relação direta com o aumento de doenças crônicas (Jeng, Huynh e Motl, 2024; Veldhuijzen Van Zanten *et al.*, 2016; Ezeugwu *et al.*, 2015). Esses dados são similares aos identificados neste estudo, em que o CS, avaliado pelo IPAQ, demonstrou níveis significativamente mais elevados em comparação com os de atividade física. Essa constatação sugere possíveis implicações adversas para a saúde, incluindo um maior risco de desenvolvimento de doenças crônicas e uma deterioração da condição física geral.

Já quando observamos a análise do GSLTPAQ, o questionário revelou diferenças estatisticamente significativas nos níveis de atividade física de lazer entre os grupos. Isso pode

indicar distintos padrões de engajamento em atividades recreativas, com implicações na saúde global dessa população. É visto que, à medida que a severidade da doença aumenta, há uma tendência de diminuição na participação dos indivíduos em atividades de lazer. Esse isolamento e a não participação em atividades sociais se associam à uma menor qualidade de vida em pessoas com esclerose múltipla, sendo necessárias intervenções para encorajá-las a se envolverem mais nessas atividades, mesmo que os obstáculos físicos sejam uma dificuldade (Mikula *et al.*, 2015).

Embora não tenham sido identificadas disparidades estatisticamente significativas nos parâmetros de marcha em vida livre entre os grupos, as diferentes bandas de cadência apresentaram resultados relevantes.

Ao analisarmos o Gráfico 1, a banda de cadência sem movimento, com uma média de 960,2978 minutos, indica períodos de inatividade consideráveis. Esta prolongada ausência de movimento pode ser associada à severidade da esclerose múltipla, refletindo a limitação de mobilidade enfrentada pelos participantes mais afetados pela doença. A redução do tempo gasto em MI (667,2965 min), ME (462,4294 min) e MP (350,0827 min) sugere uma progressão na incapacidade de realizar atividades cotidianas.

As bandas de cadência associadas à caminhada, como CL (281,0959 min), CM (234,8755 min), CMO (201,76 min), e CR (176,6038 min), também apresentam uma redução significativa nos tempos médios. Quando se observa a correlação do estado SM e a PDDS e a EDSS, sugere que períodos de ausência de movimento estão modestamente associados a níveis mais elevados de severidade da esclerose múltipla. Já na correlação do ME e do MP associados à PDDS e à EDSS, até o momento, não há evidências suficientes para estabelecer uma associação clara entre ambos os movimentos e a severidade da esclerose múltipla, destacando a complexidade dessas interações.

A análise da correlação dos vários tipos de caminhada com a PDDS e a EDSS indica a necessidade de abordagens mais específicas e detalhadas ao avaliar os padrões de movimento em pacientes com esclerose múltipla, considerando as particularidades de cada categoria e sua possível contribuição para a compreensão global da progressão das complicações da doença. Assim como no estudo de Zheng *et al.* (2023), os participantes gastaram mais tempo no MI, na CL, CM, CMO e CR.

Além disso, os dados do Gráfico 1 demonstram uma relação direta entre a gravidade da esclerose múltipla, medida pela PDDS, e a redução na atividade física, expressa pelo tempo gasto em diferentes faixas de cadência. Esses resultados corroboram com a hipótese de que a diminuição da cadência está relacionada à gravidade da doença, assim como é relatado nos

estudos de Sasaki *et al.* (2022), de Agiovlasitis, Sandroff e Motl (2016) e de Agiovlasitis e Motl (2014), além de reforçar a importância de considerar a cadência como um indicador sensível da mobilidade na esclerose múltipla.

Este declínio sugere uma relação inversa entre a progressão da doença, medida pela EDSS ou pela PDDS, e a capacidade de realizar caminhadas em diferentes intensidades. Indivíduos com esclerose múltipla mais avançada podem enfrentar desafios crescentes na realização de atividades que envolvem movimentos de caminhada, conforme evidenciado pela diminuição do tempo dedicado a essas faixas de cadência (Zheng *et al.*, 2023).

Por meio de análises de correlação, investigamos as relações entre as variáveis de interesse, revelando resultados significativos e pertinentes para a compreensão do impacto da esclerose múltipla nas capacidades físicas e na atividade diária. As correlações entre o TC6M e a PDDS e a EDSS enfatizam forte associação entre a redução da capacidade de caminhada e o avanço da progressão da incapacidade funcional em pacientes com esclerose múltipla (Jeng *et al.*, 2022; Sandroff *et al.*, 2014; Motl *et al.*, 2013; Pilutti *et al.*, 2013; Sandroff, Sosnoff e Motl, 2013; Motl *et al.*, 2012; Sosnoff, Sandroff e Motl, 2012; Sosnoff *et al.*, 2011). O TC6M emerge como uma ferramenta fundamental na avaliação objetiva e quantitativa do desempenho físico, possibilitando identificar informações relevantes sobre a relação dinâmica entre mobilidade e a evolução da disfunção funcional nesse contexto clínico específico.

Os dados deste estudo, obtidos por meio dos acelerômetros, revelaram correlações e regressões estatisticamente significativas e altamente relevantes, ampliando nossa compreensão das relações entre variáveis de interesse. Ao analisar a correlação do SPPB com a PDDS e a EDSS observa-se uma possível influência da gravidade da doença na realização dessas tarefas específicas de desempenho físico. O SPPB, por meio da avaliação combinada de múltiplos domínios físicos, proporciona uma abordagem abrangente para mensurar a capacidade funcional. Nesse contexto, a correlação marginal com a PDDS destacou a complexidade da relação entre a severidade da doença e o desempenho em atividades específicas. Estes achados sugerem que, assim como em estudos anteriores (Jeng *et al.*, 2023; Motl *et al.*, 2018; Motl *et al.*, 2015), as mudanças na função física, como a redução do equilíbrio e da força de membros inferiores, pode transcender a mera limitação de mobilidade em pessoas com esclerose múltipla devido ao aumento do nível de severidade da doença.

Já quando se analisa a correlação entre AFMV e a PDDS e a EDSS, destaca-se a importância de considerar não apenas a presença ou ausência de atividade física, mas também a intensidade dessa atividade ao avaliar seu impacto na progressão das complicações da doença. O estudo de Klaren *et al.* (2017), com 269 pessoas com esclerose múltipla remitente recorrente,

que utilizaram um acelerômetro por um período de 7 dias, sugeriu que os níveis de AFMV para essa população é menor quando o indivíduo é do sexo masculino e possui uma incapacidade maior, associando-se à PDDS e à EDSS, assim como o estudo de Ezeugwu *et al.* (2015) e o de Klaren *et al.* (2013), os quais concluíram que pessoas com esclerose múltipla com dificuldade de mobilidade tiveram menos tempo em AFMV.

A análise realizada neste estudo revelou informações importantes sobre os fatores que influenciam a progressão das complicações da esclerose múltipla, conforme demonstrado nas diferentes tabelas apresentadas. No primeiro modelo de regressão, representado pela Tabela 3, foi possível observar que variáveis sociodemográficas, como sexo e status de trabalho, estavam associadas à PDDS. O sexo masculino e o status de trabalho foram relacionados a uma diminuição na PDDS, assim como o estudo de Kister, Bacon e Cutter (2021) e o de Zhao *et al.* (2021). Esses resultados sugerem que características sociodemográficas podem desempenhar um papel importante nas complicações da progressão da esclerose múltipla.

Um achado muito válido que deve ser ressaltado é que o PC30M emergiu como um biomarcador digital importante, apresentando uma correlação negativa com a PDDS (-0,497, $p < 0,001$) e com a EDSS (-0,313, $p = 0,036$) (Tabela 2). Na análise de regressão linear, na Tabela 3 o modelo atingiu um R^2 de 0,468 no último bloco, indicando que as variáveis incluídas explicam em 46,8% a variação na PDDS. A variável PC30M mostrou-se relevante, já que apresentou uma associação negativa com um coeficiente significativo (-0,002, $p = 0,011$).

Esses resultados sugerem que períodos de menor cadência estão associados a níveis mais elevados de severidade da esclerose múltipla, refletindo em padrões de marcha mais comprometidos. Vale ressaltar que apenas um estudo, conduzido por Zheng *et al.* (2023), aborda a aplicação e a validação de métricas de cadência de pico através da acelerometria em pessoas com esclerose múltipla. Nessa pesquisa, observou-se fortes associações significativas entre o pico de cadência de vida livre e a função física avaliada em ambiente laboratorial e o desempenho durante o teste de caminhada.

Assim, a análise detalhada da cadência em períodos prolongados é crucial para compreender plenamente o efeito da atividade física na evolução da doença. Essa associação destaca a necessidade de intervenções direcionadas à melhoria da cadência, visando reduzir o impacto negativo na marcha de indivíduos com esclerose múltipla, e, assim, retardar ou prevenir a progressão da doença.

Já ao analisarmos os resultados da regressão da Tabela 4, focando no TUG como variável dependente, observou-se que variáveis sociodemográficas, como idade e status de trabalho, não estavam significativamente associadas ao tempo do TUG. Analisando o Bloco 3,

incorporando variáveis de mobilidade, o modelo alcança um R^2 de 0,253. A falta de significância estatística em alguns preditores destaca a complexidade das relações entre variáveis de mobilidade em pessoas com esclerose múltipla.

O PC30M foi introduzido como um preditor no Bloco 3, mas não apresentou associação estatisticamente significativa com o desempenho do TUG ($-0,002$, $p = 0,253$), indicando que a cadência de passos durante um período específico não apresentou associação estatisticamente significativa com o desempenho no teste. Esse resultado sugere que um maior PC30M não está significativamente relacionado a uma melhor capacidade funcional no teste, questionando assim o PC30M como um biomarcador digital de mobilidade.

Porém, é importante considerar que o próprio teste do TUG pode ter uma sensibilidade reduzida em pessoas com mobilidade significativamente comprometida, limitando sua capacidade de detectar variações sutis ou mudanças na mobilidade em casos mais avançados da doença ou em indivíduos com restrições severas de movimento (Quinn *et al.*, 2019; Greene *et al.*, 2014). Em situações onde a mobilidade está fortemente comprometida, podem ser necessários instrumentos de avaliação mais sensíveis ou específicos para capturar com precisão o estado funcional desses pacientes.

Portanto, embora os resultados sugiram uma associação não significativa entre o PC30M e o desempenho no TUG, é importante interpretar esses resultados com cautela, considerando as possíveis limitações do teste do TUG em detectar variações na mobilidade em pacientes com esclerose múltipla em estágios mais avançados da doença.

Já quando analisamos a Tabela 5, os resultados são totalmente diferentes, se equiparando aos resultados da Tabela 3. Quando o TC6M foi a variável dependente, o modelo demonstrou bom poder explicativo com R^2 de 0,493 no último bloco. Notavelmente, o PC30M se destaca com um coeficiente significativo (1,33, $p = 0,048$), reforçando a ideia de que a cadência de passos pode ser um biomarcador digital potencialmente crucial para avaliar a mobilidade em indivíduos com esclerose múltipla.

O Bloco 3 na Tabela 5 revelou associações positivas significantes entre o PC30M e a distância percorrida no TC6M (coeficiente de 1,33, $p = 0,048$), sugerindo que a cadência máxima durante 30 minutos está associada a uma maior capacidade de desempenho no teste (Zheng *et al.*, 2023). Embora a CMP não tenha apresentado significância estatística com base no valor de p ($p = 0,609$), a qualidade da cadência, representada pelo PC30M, pode ser um indicador mais relevante da mobilidade em pacientes com esclerose múltipla do que a simples contagem de passos, sendo considerado um valioso biomarcador digital. Portanto, esses

achados sugerem que não é apenas a quantidade de passos, mas sim a qualidade do movimento, que desempenha um papel crucial na avaliação da funcionalidade física desses pacientes.

Em resumo, a cadência durante a marcha, como um padrão de sinal, e sua quantificação através do parâmetro PC30M (passos por minuto) emergem como elementos cruciais para avaliar a mobilidade. Os resultados das análises de regressão apresentam pontos importantes sobre os potenciais biomarcadores digitais de mobilidade na esclerose múltipla. Especificamente, o PC30M, um biomarcador digital que representa a cadência durante a marcha, medindo o número de passos por minuto, foi identificado como um indicador relevante de desempenho na avaliação da mobilidade, com uma cadência mais alta associada a um melhor desempenho (Zheng *et al.*, 2023). Esse biomarcador foi analisado em relação à variação na PDDS, uma medida amplamente utilizada para avaliar a mobilidade em pacientes com esclerose múltipla.

Assim, os resultados das tabelas anteriores, especialmente a Tabela 3 e a Tabela 5, evidenciam, complementam e reforçam as conclusões derivadas da análise do Gráfico 1, consolidando a cadência como um biomarcador digital crucial para a avaliação da mobilidade na esclerose múltipla. Por apresentar um modelo altamente explicativo com R^2 de 0,468 e 0,493 no último bloco, respectivamente, destaca a relevância do PC30M como um indicador sensível da capacidade de movimento e atividade física em pacientes com esclerose múltipla. Isso sugere que o PC30M não apenas reflete a velocidade do movimento, mas também está correlacionado com a capacidade funcional de caminhada, ou seja, a distância percorrida.

Esse biomarcador digital identificado neste estudo oferece uma oportunidade única para as pessoas com esclerose múltipla, assim como para os profissionais de saúde, pesquisadores entre outros, monitorarem sua condição de forma contínua e conveniente no ambiente livre, reduzindo a necessidade frequente de realizar testes de laboratório. Isso é especialmente relevante, considerando que testes ambulatoriais baseados em desempenho podem não refletir totalmente o desempenho como o de vida livre (Karle *et al.*, 2020; Warmerdam *et al.*, 2020).

Esse biomarcador digital pode ser integrado a plataformas de telemedicina, permitindo que os pacientes compartilhem dados em tempo real com seus profissionais de saúde. Essa abordagem não apenas simplifica o processo de monitoramento, mas também oferece a oportunidade de uma intervenção precoce diante de mudanças significativas nos biomarcadores. Os profissionais de saúde podem utilizar essas informações para ajustar planos de tratamento, oferecer orientações personalizadas e avaliar a eficácia das intervenções remotamente, capacitando os pacientes com ferramentas de monitoramento digital e promovendo uma abordagem proativa no manejo da esclerose múltipla. Essa integração de

tecnologias digitais no cuidado de saúde permite uma adaptação mais dinâmica às necessidades individuais dos pacientes, transformando a monitorização da esclerose múltipla em um processo mais contínuo, personalizado e acessível.

Os resultados deste estudo abrem novas perspectivas para investigações futuras sobre a relação entre esclerose múltipla, atividade física e biomarcadores digitais, já que ainda não existe um consenso universal sobre quais biomarcadores digitais de mobilidade são os mais eficazes para pessoas com esclerose múltipla. Investigações adicionais podem validar métodos de coleta de dados mais avançados, como o uso de tecnologias de monitoramento contínuo, para obter uma visão objetiva do perfil de atividade dos pacientes, podendo superar possíveis limitações associadas a autorrelatos e diários.

No decorrer deste estudo, algumas limitações merecem atenção para uma compreensão abrangente dos resultados obtidos. Embora a amostra, composta por 54 participantes, seja robusta, a inclusão de um número ainda maior poderia aprimorar a generalização dos resultados. No entanto, devido à natureza restrita da população de pacientes com esclerose múltipla, a obtenção de uma amostra mais ampla pode ser desafiadora. Restrições específicas, como a exclusão de pacientes com pontuação EDSS maior que 4 e tipos distintos de esclerose múltipla, juntamente com desistências e limitações geográficas, podem introduzir vieses na representatividade da amostra.

A instrução para retirar o acelerômetro apenas para banho e atividades aquáticas pode limitar a obtenção de dados em ambientes específicos, impactando a compreensão do comportamento do participante nessas situações. Fatores ambientais não controlados, como mudanças climáticas e variações nas rotinas diárias, são variáveis que não puderam ser rigidamente controladas durante o período de monitoramento, o que pode afetar a validade interna do estudo.

A restrição geográfica da amostra a três cidades de Minas Gerais levanta questões sobre a generalização dos resultados para outras regiões. Diferenças culturais e socioeconômicas podem influenciar padrões de atividade física, destacando a necessidade de considerar tais fatores em estudos futuros. Além disso, variáveis importantes, como o impacto psicossocial da doença, aspectos emocionais e suporte social, não foram totalmente consideradas neste estudo, apontando para áreas de possível expansão em investigações futuras.

5 CONCLUSÕES

Constatou-se que, variáveis sociodemográficas, clínicas, físicas e de mobilidade desempenham papéis distintos na progressão da incapacidade e na capacidade de locomoção em pacientes com esclerose múltipla.

O PC30M emerge como um biomarcador digital significativo, demonstrando uma associação positiva com a PDDS e com a distância percorrida no TC6M. No entanto, não foi encontrada uma associação significativa entre o PC30M e o tempo do TUG. A complexidade dos fatores que influenciam a capacidade de locomoção é evidenciada pelos diferentes modelos de regressão, onde as variáveis explicam uma porcentagem significativa da variabilidade na distância percorrida no TC6M.

Estes resultados ressaltam a importância de abordagens multidimensionais na avaliação e intervenção da mobilidade em pacientes com esclerose múltipla, com potencial para melhorar a qualidade de vida e promover a autonomia na locomoção. Integrar o PC30M em dispositivos vestíveis e à telemedicina oferece uma abordagem prática para monitoramento contínuo, permitindo intervenções precoces e personalizadas. Esses biomarcadores digitais não apenas enriquecem a compreensão da doença, mas também capacitam os pacientes, transformando o cuidado de saúde em um processo mais adaptável e centrado no paciente.

REFERÊNCIAS

- Abbadessa, G. *et al.* Assessment of multiple sclerosis disability progression using a wearable biosensor: A pilot study. **Journal of clinical medicine**, v. 10, n. 6, p. 1160, 2021.
- ABEM. Associação Brasileira de Esclerose Múltipla. O que é Esclerose Múltipla (EM). São Paulo, 2021.
- BCTRIMS. Comitê Brasileiro de Tratamento e Pesquisa em Esclerose Múltipla e Doenças Neuroimunológicas. Esclerose Múltipla: o que é? Belo Horizonte, 2021.
- Block, V. A. J. *et al.* Remote physical activity monitoring in neurological disease: A systematic review. **PLoS One**, v. 11, n. 4, p. e0154335, 2016.
- Britto, R. *et al.* Reference equations for the six-minute walk distance based on a Brazilian multicenter study. **Brazilian journal of physical therapy**, v. 17, n. 6, p. 556–563, 2013.
- Buckley, C. *et al.* The role of movement analysis in diagnosing and monitoring neurodegenerative conditions: Insights from gait and postural control. **Brain sciences**, v. 9, n. 2, p. 34, 2019.
- Chen, K. Y.; Bassett, D. R. Jr. The technology of accelerometry-based activity monitors: current and future. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 37, n. 11 Suppl, p. S490-500, 2005.
- De Queiroz, R. S.; Alves, J. H.; Sasaki, J. E. Digital biomarkers in the assessment of mobility in individuals with multiple sclerosis. **Sclerosis**, v. 1, n. 3, p. 134–150, 2023.
- Dillenseger, A. *et al.* Digital biomarkers in multiple sclerosis. **Brain sciences**, v. 11, n. 11, p. 1519, 2021.
- España-Romero, V. *et al.* Comparison of the EPIC Physical Activity Questionnaire with Combined Heart Rate and Movement Sensing in a Nationally Representative Sample of Older British Adults. **PLOS ONE**, v. 9, n. 2, p. e87085, 2014.
- Ezeugwu, V. *et al.* Mobility disability and the pattern of accelerometer-derived sedentary and physical activity behaviors in people with multiple sclerosis. **Preventive medicine reports**, v. 2, p. 241–246, 2015.
- Ezeugwu, V. *et al.* Mobility disability and the pattern of accelerometer-derived sedentary and physical activity behaviors in people with multiple sclerosis. **Preventive medicine reports**, v. 2, p. 241–246, 2015.
- Gebruers, N. *et al.* Monitoring of physical activity after stroke: a systematic review of accelerometry-based measures. **Archives of physical medicine and rehabilitation**, v. 91, n. 2, p. 288–297, 2010.
- Gor-García-Fogeda, M. D. *et al.* Observational Gait Assessments in People With Neurological Disorders: A Systematic Review. **Archives of physical medicine and rehabilitation**, v. 97, n. 1, 2016.

Greene, B. R. *et al.* **Quantitative assessment of multiple sclerosis using inertial sensors and the TUG test.** 2014 36th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. **Anais...IEEE**, 2014.

Gullo, H. L. *et al.* Cognitive and physical fatigue are associated with distinct problems in daily functioning, role fulfilment, and quality of life in multiple sclerosis. **Multiple sclerosis and related disorders**, v. 31, p. 118–123, 2019.

Jeng, B. *et al.* Physical function across the lifespan in adults with multiple sclerosis: An application of the Short Physical Performance Battery. **Multiple sclerosis and related disorders**, v. 73, n. 104624, p. 104624, 2023.

Jeng, B. *et al.* Sedentary behavior and lower-extremity physical function across the lifespan of adults with multiple sclerosis. **International journal of environmental research and public health**, v. 19, n. 19, p. 12466, 2022.

Jeng, B.; Huynh, T. L. T.; Motl, R. W. Comorbid conditions and physical function in adults with multiple sclerosis. **Archives of physical medicine and rehabilitation**, v. 105, n. 2, p. 251–257, 2024.

João, T. M. S. *et al.* Validity of the Brazilian version of the Godin-Shephard Leisure-Time Physical Activity Questionnaire. **Cadernos de saude publica**, v. 31, n. 9, p. 1825–1838, 2015.

Karle, V. *et al.* The two-minute walk test in persons with multiple sclerosis: Correlations of Cadence with free-living walking do not support ecological validity. **International journal of environmental research and public health**, v. 17, n. 23, p. 9044, 2020.

Kister, I.; Bacon, T.; Cutter, G. R. How multiple sclerosis symptoms vary by age, sex, and race/ethnicity. **Neurology. Clinical practice**, v. 11, n. 4, p. 335–341, 2021.

Klaren, R. E. *et al.* Objectively quantified physical activity in persons with multiple sclerosis. **Archives of physical medicine and rehabilitation**, v. 94, n. 12, p. 2342–2348, 2013.

Klaren, R. E. *et al.* Patterns and predictors of change in moderate-to-vigorous physical activity over time in multiple sclerosis. **Journal of physical activity & health**, v. 14, n. 3, p. 183–188, 2017.

Kurtzke, J. F. Rating neurologic impairment in multiple sclerosis: An expanded disability status scale (EDSS). **Neurology**, v. 33, n. 11, p. 1444–1444, 1983.

Lang, C. E. *et al.* A Method for Quantifying Upper Limb Performance in Daily Life Using Accelerometers. **Journal of visualized experiments: JoVE**, n. 122, 2017.

Matsudo, S. QUESTIONÁRIO INTERNACIONAL DE ATIVIDADE FÍSICA (IPAQ): ESTUPO DE VALIDADE E REPRODUTIBILIDADE NO BRASIL. **Revista Brasileira de Atividade Física & Saúde**, v. 6, n. 2, p. 5–18, 2001.

- Mikula, P. *et al.* Social participation and health-related quality of life in people with multiple sclerosis. **Disability and health journal**, v. 8, n. 1, p. 29–34, 2015.
- Motl, R. W. *et al.* Preliminary validation of the short physical performance battery in older adults with multiple sclerosis: secondary data analysis. **BMC geriatrics**, v. 15, n. 1, 2015.
- Motl, R. W. *et al.* Evidence for the different physiological significance of the 6- and 2-minute walk tests in multiple sclerosis. **BMC neurology**, v. 12, n. 1, 2012.
- Motl, R. W. *et al.* Physical function in older adults with multiple sclerosis: An application of the Short Physical Performance Battery. **Journal of geriatric physical therapy (2001)**, v. 41, n. 3, p. 155–160, 2018.
- Motl, R. W. *et al.* Symptomatic correlates of six-minute walk performance in persons with multiple sclerosis. **European journal of physical and rehabilitation medicine**, v. 49, n. 1, p. 59–66, 2013.
- Muro-de-la-Herran, A.; Garcia-Zapirain, B.; Mendez-Zorrilla, A. Gait analysis methods: an overview of wearable and non-wearable systems, highlighting clinical applications. **Sensors (Basel, Switzerland)**, v. 14, n. 2, p. 3362–3394, 2014.
- Pau, M. *et al.* Clinical assessment of gait in individuals with multiple sclerosis using wearable inertial sensors: Comparison with patient-based measure. **Multiple sclerosis and related disorders**, v. 10, p. 187–191, 2016.
- Pearson, O. R. *et al.* Quantification of walking mobility in neurological disorders. **QJM: monthly journal of the Association of Physicians**, v. 97, n. 8, p. 463–475, 2004.
- Pilutti, L. A. *et al.* Gait and six-minute walk performance in persons with multiple sclerosis. **Journal of the neurological sciences**, v. 334, n. 1–2, p. 72–76, 2013.
- Podsiadlo, D.; Richardson, S. The timed “Up & Go”: a test of basic functional mobility for frail elderly persons. **Journal of the American Geriatrics Society**, v. 39, n. 2, p. 142–148, 1991.
- Polhemus, A. M. *et al.* Walking-related digital mobility outcomes as clinical trial endpoint measures: protocol for a scoping review. **BMJ open**, v. 10, n. 7, p. e038704, 2020.
- Porciuncula, F. *et al.* Wearable movement sensors for rehabilitation: A focused review of technological and clinical advances. **PM & R: the journal of injury, function, and rehabilitation**, v. 10, n. 9 Suppl 2, p. S220–S232, 2018.
- Quinn, G. *et al.* Discriminative ability and clinical utility of the Timed Up and Go (TUG) in identifying falls risk in people with multiple sclerosis: a prospective cohort study. **Clinical rehabilitation**, v. 33, n. 2, p. 317–326, 2019.
- Sandroff, B. M. *et al.* Comparing two conditions of administering the six-Minute Walk test in people with multiple sclerosis. **International journal of MS care**, v. 16, n. 1, p. 48–54, 2014.

Sandroff, B. M.; Motl, R. W.; Suh, Y. Accelerometer output and its association with energy expenditure in persons with multiple sclerosis. **Journal of rehabilitation research and development**, v. 49, n. 3, p. 467, 2004.

Sandroff, B. M.; Sosnoff, J. J.; Motl, R. W. Physical fitness, walking performance, and gait in multiple sclerosis. **Journal of the neurological sciences**, v. 328, n. 1–2, p. 70–76, 2013.

Santos, V. M. Diagnóstico de esclerose múltipla por ressonância magnética. *Revista Remecs - Revista Multidisciplinar de Estudos Científicos em Saúde*, **2019**, 3:5, 3 -13.

Sasaki, J. E. *et al.* Pedometers and accelerometers in multiple sclerosis: Current and new applications. **International journal of environmental research and public health**, v. 19, n. 18, p. 11839, 2022.

Sosnoff, J. J. *et al.* Walking and thinking in persons with multiple sclerosis who vary in disability. **Archives of physical medicine and rehabilitation**, v. 92, n. 12, p. 2028–2033, 2011.

Sosnoff, J. J.; Sandroff, B. M.; Motl, R. W. Quantifying gait abnormalities in persons with multiple sclerosis with minimal disability. **Gait & posture**, v. 36, n. 1, p. 154–156, 2012.

Tian, X. *et al.* Efficacy and safety of rituximab in relapsing-remitting multiple sclerosis: A systematic review and meta-analysis. **Journal of Neuroimmunology**. 2020, 247, 577317.

Troiano, R. P. *et al.* Evolution of accelerometer methods for physical activity research. **British Journal of Sports Medicine**, 48 (13):1019-1023, 2014.

Veldhuijzen Van Zanten, J. J. *et al.* Sedentary behaviour in people with multiple sclerosis: Is it time to stand up against MS? **Multiple sclerosis (Houndmills, Basingstoke, England)**, v. 22, n. 10, p. 1250–1256, 2016.

Vienne-Jumeau, A. *et al.* Wearable inertial sensors provide reliable biomarkers of disease severity in multiple sclerosis: A systematic review and meta-analysis. **Annals of physical and rehabilitation medicine**, v. 63, n. 2, p. 138–147, 2020.

Warmerdam, E. *et al.* Long-term unsupervised mobility assessment in movement disorders. **Lancet neurology**, v. 19, n. 5, p. 462–470, 2020.

Zhao, Z. *et al.* Differences in physical, mental, and social functions between males and females in multiple sclerosis: A multicenter cross-sectional study in China. **Multiple sclerosis and related disorders**, v. 48, n. 102693, p. 102693, 2021.

Zheng, P. *et al.* Free-Living Peak Cadence in Multiple Sclerosis: A New Measure of Real-World Walking? **Neurorehabilitation and Neural Repair**, v. 37, n. 10, p. 716–726, 2023.

Zheng, P. *et al.* Free-living peak Cadence in multiple sclerosis: A new measure of real-world walking? **Neurorehabilitation and neural repair**, v. 37, n. 10, p. 716–726, 2023.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo geral desta dissertação foi identificar possíveis biomarcadores digitais na análise da distância total percorrida em pessoas com esclerose múltipla, utilizando uma abordagem abrangente que combinou uma revisão integrativa da literatura e um estudo descritivo, transversal e quantitativo.

Ao revisar a literatura, foi possível mapear o conhecimento existente sobre o uso de biomarcadores digitais na avaliação da mobilidade em pessoas com esclerose múltipla. A revisão integrativa revelou uma diversidade de métodos e tecnologias empregadas, destacando a importância crescente dos acelerômetros e sensores de movimento para capturar dados relevantes sobre a distância total percorrida e parâmetros relacionados.

O estudo descritivo complementar, envolvendo a participação ativa dos indivíduos com esclerose múltipla, que utilizaram acelerômetros por 7 dias em vida livre, proporcionou uma análise mais detalhada e contextualizada dos biomarcadores digitais. Essa abordagem permitiu não apenas a identificação, mas também a compreensão da dinâmica desses biomarcadores no ambiente natural dos participantes, fornecendo informações valiosas, como o PC30M como um biomarcador digital.

Os resultados obtidos corroboram a relevância dos biomarcadores digitais na avaliação da mobilidade em pessoas com esclerose múltipla. A identificação de padrões de sinais, como o comprimento da passada, cadência e índices de simetria, demonstrou ser crucial para compreender a progressão das complicações da doença e seu impacto na distância total percorrida.

Destaca-se a contribuição significativa dos acelerômetros como ferramentas confiáveis e sensíveis na coleta de dados de alta granularidade, permitindo a identificação de biomarcadores digitais seguros e eficazes. Esses biomarcadores não apenas fornecem resultados sobre a mobilidade, mas também têm potencial para informar estratégias terapêuticas personalizadas e intervenções precoces.

REFERÊNCIAS

- Abbadessa, G. *et al.* Assessment of multiple sclerosis disability progression using a wearable biosensor: A pilot study. **Journal of clinical medicine**, v. 10, n. 6, p. 1160, 2021.
- ABEM. Associação Brasileira de Esclerose Múltipla. O que é Esclerose Múltipla (EM). São Paulo, 2021.
- ABEM. Brazilian Multiple Sclerosis Association. *What Is Multiple Sclerosis (MS)*; Brazilian Multiple Sclerosis Association: São Paulo, Brazil, 2023.
- Ader, L.G. M. *et al.* Short bouts of gait data and body-worn inertial sensors can provide reliable measures of spatiotemporal gait parameters from bilateral gait data for persons with multiple sclerosis. **Biosensors**, v. 10, n. 9, p. 128, 2020.
- Akenhead, R. *et al.* The acceleration dependent validity and reliability of 10 Hz GPS. **Journal of science and medicine in sport**, v. 17, n. 5, p. 562–566, 2014.
- Arvidsson, D.; Fridolfsson, J.; Borjesson, M. Measurement of physical activity in clinical practice using accelerometers. **Journal of internal medicine**, v. 286, n. 2, p. 137–153, 2019.
- Atrsaei, A. *et al.* Toward a remote assessment of walking bout and speed: Application in patients with multiple sclerosis. **IEEE journal of biomedical and health informatics**, v. 25, n. 11, p. 4217–4228, 2021.
- Backus, D. Increasing physical activity and participation in people with multiple sclerosis: A review. **Archives of physical medicine and rehabilitation**, v. 97, n. 9 Suppl, p. S210-7, 2016.
- BCTRIMS. Comitê Brasileiro de Tratamento e Pesquisa em Esclerose Múltipla e Doenças Neuroimunológicas. Esclerose Múltipla: o que é? Belo Horizonte, 2021.
- Block, V. A. J. *et al.* Remote physical activity monitoring in neurological disease: A systematic review. **PloS One**, v. 11, n. 4, p. e0154335, 2016.
- Britto, R. *et al.* Reference equations for the six-minute walk distance based on a Brazilian multicenter study. **Brazilian journal of physical therapy**, v. 17, n. 6, p. 556–563, 2013.
- Brønd, C.; Arvidsson, D. Sampling frequency affects the processing of Actigraph raw acceleration data to activity counts. **Journal of applied physiology (Bethesda, Md.: 1985)**, v. 120, n. 3, p. 362–369, 2016.
- Buckley, C. *et al.* The role of movement analysis in diagnosing and monitoring neurodegenerative conditions: Insights from gait and postural control. **Brain sciences**, v. 9, n. 2, p. 34, 2019.
- Chen, K. Y.; Bassett, D. R. Jr. The technology of accelerometry-based activity monitors: current and future. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 37, n. 11 Suppl, p. S490-500, 2005.

Cheng, W. *et al.* U-turn speed is a valid and reliable smartphone-based measure of multiple sclerosis-related gait and balance impairment. **Gait & posture**, v. 84, p. 120–126, 2021.

Chitnis, T. *et al.* Quantifying neurologic disease using biosensor measurements in-clinic and in free-living settings in multiple sclerosis. **npj digital medicine**, v. 2, n. 1, p. 123, 2019.

DasMahapatra, P. *et al.* Free-living physical activity monitoring in adult US patients with multiple sclerosis using a consumer wearable device. **Digital biomarkers**, v. 2, n. 1, p. 47–63, 2018.

De Queiroz, R. S.; Alves, J. H.; Sasaki, J. E. Digital biomarkers in the assessment of mobility in individuals with multiple sclerosis. **Sclerosis**, v. 1, n. 3, p. 134–150, 2023.

Dillenseger, A. *et al.* Digital biomarkers in multiple sclerosis. **Brain sciences**, v. 11, n. 11, p. 1519, 2021.

Dillenseger, A. *et al.* Digital biomarkers in multiple sclerosis. **Brain sciences**, v. 11, n. 11, p. 1519, 2021.

España-Romero, V. *et al.* Comparison of the EPIC Physical Activity Questionnaire with Combined Heart Rate and Movement Sensing in a Nationally Representative Sample of Older British Adults. **PLOS ONE**, v. 9, n. 2, p. e87085, 2014.

Ezeugwu, V. *et al.* Mobility disability and the pattern of accelerometer-derived sedentary and physical activity behaviors in people with multiple sclerosis. **Preventive medicine reports**, v. 2, p. 241–246, 2015.

Ezeugwu, V. *et al.* Mobility disability and the pattern of accelerometer-derived sedentary and physical activity behaviors in people with multiple sclerosis. **Preventive medicine reports**, v. 2, p. 241–246, 2015.

Flachenecker, F. *et al.* Objective sensor-based gait measures reflect motor impairment in multiple sclerosis patients: Reliability and clinical validation of a wearable sensor device. **Multiple sclerosis and related disorders**, v. 39, n. 101903, p. 101903, 2020.

Franco, R. C. *et al.* Understanding the difficulties and contextual factors in the daily activities of people with multiple sclerosis: A pilot study. **Cad. Bras. Ter. Ocup.**, v. 30, p. e2942, 2022.

Gebruers, N. *et al.* Monitoring of physical activity after stroke: a systematic review of accelerometry-based measures. **Archives of physical medicine and rehabilitation**, v. 91, n. 2, p. 288–297, 2010.

Gómez-Carmona, C. D. *et al.* What is the most suitable sampling frequency to register accelerometry-based workload? A case study in soccer. **Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers. Part P, Journal of sports engineering and technology**, v. 235, n. 2, p. 114–121, 2021.

Gor-García-Fogeda, M. D. *et al.* Observational Gait Assessments in People With Neurological Disorders: A Systematic Review. **Archives of physical medicine and rehabilitation**, v. 97, n. 1, 2016.

Greene, B. R. *et al.* **Quantitative assessment of multiple sclerosis using inertial sensors and the TUG test.** 2014 36th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. **Anais...IEEE**, 2014.

Guerreiro, C. T. *et al.* Multiple sclerosis and the body structure and function, activity and participation components of the International Classification of Functioning, Disability and Health (ICF) model. **Rev. Atenas Higeia**, v. 1, p. 25–30, 2019.

Gullo, H. L. *et al.* Cognitive and physical fatigue are associated with distinct problems in daily functioning, role fulfilment, and quality of life in multiple sclerosis. **Multiple sclerosis and related disorders**, v. 31, p. 118–123, 2019.

Jeng, B. *et al.* Physical function across the lifespan in adults with multiple sclerosis: An application of the Short Physical Performance Battery. **Multiple sclerosis and related disorders**, v. 73, n. 104624, p. 104624, 2023.

Jeng, B. *et al.* Sedentary behavior and lower-extremity physical function across the lifespan of adults with multiple sclerosis. **International journal of environmental research and public health**, v. 19, n. 19, p. 12466, 2022.

Jeng, B.; Huynh, T. L. T.; Motl, R. W. Comorbid conditions and physical function in adults with multiple sclerosis. **Archives of physical medicine and rehabilitation**, v. 105, n. 2, p. 251–257, 2024.

João, T. M. S. *et al.* Validity of the Brazilian version of the Godin-Shephard Leisure-Time Physical Activity Questionnaire. **Cadernos de saude publica**, v. 31, n. 9, p. 1825–1838, 2015.

Karle, V. *et al.* The two-minute walk test in persons with multiple sclerosis: Correlations of Cadence with free-living walking do not support ecological validity. **International journal of environmental research and public health**, v. 17, n. 23, p. 9044, 2020.

Khalil, H. *et al.* Fear of falling in people with multiple sclerosis: Which clinical characteristics are important? **Physical therapy**, v. 97, n. 7, p. 698–706, 2017.

Khan, A. *et al.* Optimising sampling rates for accelerometer-based human activity recognition. **Pattern recognition letters**, v. 73, p. 33–40, 2016.

Kister, I.; Bacon, T.; Cutter, G. R. How multiple sclerosis symptoms vary by age, sex, and race/ethnicity. **Neurology. Clinical practice**, v. 11, n. 4, p. 335–341, 2021.

Klaren, R. E. *et al.* Objectively quantified physical activity in persons with multiple sclerosis. **Archives of physical medicine and rehabilitation**, v. 94, n. 12, p. 2342–2348, 2013.

Klaren, R. E. *et al.* Patterns and predictors of change in moderate-to-vigorous physical activity over time in multiple sclerosis. **Journal of physical activity & health**, v. 14, n. 3, p. 183–188, 2017.

Kurtzke, J. F. Rating neurologic impairment in multiple sclerosis: An expanded disability status scale (EDSS). **Neurology**, v. 33, n. 11, p. 1444–1444, 1983.

Lang, C. E. *et al.* A Method for Quantifying Upper Limb Performance in Daily Life Using Accelerometers. **Journal of visualized experiments: JoVE**, n. 122, 2017.

Maggio, M. G. *et al.* Virtual reality in multiple sclerosis rehabilitation: A review on cognitive and motor outcomes. **Journal of clinical neuroscience: official journal of the Neurosurgical Society of Australasia**, v. 65, p. 106–111, 2019.

Matsudo, S. QUESTIONÁRIO INTERNACIONAL DE ATIVIDADE FÍSICA (IPAQ): ESTUPO DE VALIDADE E REPRODUTIBILIDADE NO BRASIL. **Revista Brasileira de Atividade Física & Saúde**, v. 6, n. 2, p. 5–18, 2001.

Meyer, B. M. *et al.* Chest-based wearables and individualized distributions for assessing postural sway in persons with multiple sclerosis. **IEEE transactions on neural systems and rehabilitation engineering: a publication of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society**, v. 31, p. 2132–2139, 2023.

Micó-Amigo, M. E. *et al.* Assessing real-world gait with digital technology? Validation, insights and recommendations from the Mobilise-D consortium. **Journal of neuroengineering and rehabilitation**, v. 20, n. 1, p. 78-104, 2023.

Midaglia, L. *et al.* Adherence and satisfaction of smartphone- and smartwatch-based remote active testing and passive monitoring in people with multiple sclerosis: Nonrandomized interventional feasibility study. **Journal of medical internet research**, v. 21, n. 8, p. e14863, 2019.

Migueles, J. H. *et al.* Accelerometer data collection and processing criteria to assess physical activity and other outcomes: A systematic review and practical considerations. **Sports medicine (Auckland, N.Z.)**, v. 47, n. 9, p. 1821–1845, 2017.

Mikula, P. *et al.* Social participation and health-related quality of life in people with multiple sclerosis. **Disability and health journal**, v. 8, n. 1, p. 29–34, 2015.

Moon, Y. *et al.* Monitoring gait in multiple sclerosis with novel wearable motion sensors. **PloS one**, v. 12, n. 2, p. e0171346, 2017.

Mosquera-Lopez, C. *et al.* Automated detection of real-world falls: Modeled from people with multiple sclerosis. **IEEE journal of biomedical and health informatics**, v. 25, n. 6, p. 1975–1984, 2021.

Motl, R. W. *et al.* Preliminary validation of the short physical performance battery in older adults with multiple sclerosis: secondary data analysis. **BMC geriatrics**, v. 15, n. 1, 2015.

Motl, R. W. *et al.* Evidence for the different physiological significance of the 6- and 2-minute walk tests in multiple sclerosis. **BMC neurology**, v. 12, n. 1, 2012.

Motl, R. W. *et al.* Physical function in older adults with multiple sclerosis: An application of the Short Physical Performance Battery. **Journal of geriatric physical therapy (2001)**, v. 41, n. 3, p. 155–160, 2018.

Motl, R. W. *et al.* Symptomatic correlates of six-minute walk performance in persons with multiple sclerosis. **European journal of physical and rehabilitation medicine**, v. 49, n. 1, p. 59–66, 2013.

Motl, R.W. *et al.* Accelerometry as a measure of walking behavior in multiple sclerosis. **Acta neurologica Scandinavica**, v. 127, n. 6, p. 384–390, 2013.

MSIF (Multiple Sclerosis International Federation). *Atlas of MS*, 3rd ed.; Multiple Sclerosis International Federation: England and Wales, 2020, 37p.

Muro-de-la-Herran, A.; Garcia-Zapirain, B.; Mendez-Zorrilla, A. Gait analysis methods: an overview of wearable and non-wearable systems, highlighting clinical applications. **Sensors (Basel, Switzerland)**, v. 14, n. 2, p. 3362–3394, 2014.

Neto, F. S. S. *et al.* Aplicativos móveis para estimulação cognitiva de idosos em processo demencial: uma revisão sistemática. **Research, Society and Development**, v. 12, n. 4, p. e19212441086, 2023.

Page, M. J. *et al.* The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. **BMJ (Clinical research ed.)**, v. 372, p. n71, 2021.

Pau, M. *et al.* Clinical assessment of gait in individuals with multiple sclerosis using wearable inertial sensors: Comparison with patient-based measure. **Multiple sclerosis and related disorders**, v. 10, p. 187–191, 2016.

Pau, M. *et al.* Does multiple sclerosis differently impact physical activity in women and man? A quantitative study based on wearable accelerometers. **International journal of environmental research and public health**, v. 17, n. 23, p. 8848, 2020.

Pearson, O. R. *et al.* Quantification of walking mobility in neurological disorders. **QJM: monthly journal of the Association of Physicians**, v. 97, n. 8, p. 463–475, 2004.

Pilutti, L. A. *et al.* Gait and six-minute walk performance in persons with multiple sclerosis. **Journal of the neurological sciences**, v. 334, n. 1–2, p. 72–76, 2013.

Podsiadlo, D.; Richardson, S. The timed “Up & Go”: a test of basic functional mobility for frail elderly persons. **Journal of the American Geriatrics Society**, v. 39, n. 2, p. 142–148, 1991.

Polhemus, A. M. *et al.* Walking-related digital mobility outcomes as clinical trial endpoint measures: protocol for a scoping review. **BMJ open**, v. 10, n. 7, p. e038704, 2020.

Porciuncula, F. *et al.* Wearable movement sensors for rehabilitation: A focused review of technological and clinical advances. **PM & R: the journal of injury, function, and rehabilitation**, v. 10, n. 9 Suppl 2, p. S220–S232, 2018.

Psarakis, M. *et al.* Wearable technology reveals gait compensations, unstable walking patterns and fatigue in people with multiple sclerosis. **Physiological measurement**, v. 39, n. 7, p. 075004, 2018.

Quinn, G. *et al.* Discriminative ability and clinical utility of the Timed Up and Go (TUG) in identifying falls risk in people with multiple sclerosis: a prospective cohort study. **Clinical rehabilitation**, v. 33, n. 2, p. 317–326, 2019.

Sandroff, B. M. *et al.* Comparing two conditions of administering the six-Minute Walk test in people with multiple sclerosis. **International journal of MS care**, v. 16, n. 1, p. 48–54, 2014.

Sandroff, B. M.; Motl, R. W.; Suh, Y. Accelerometer output and its association with energy expenditure in persons with multiple sclerosis. **Journal of rehabilitation research and development**, v. 49, n. 3, p. 467, 2004.

Sandroff, B. M.; Sosnoff, J. J.; Motl, R. W. Physical fitness, walking performance, and gait in multiple sclerosis. **Journal of the neurological sciences**, v. 328, n. 1–2, p. 70–76, 2013.

Santos, V. M. Diagnóstico de esclerose múltipla por ressonância magnética. *Revista Remecs - Revista Multidisciplinar de Estudos Científicos em Saúde*, **2019**, 3:5, 3 -13.

Sasaki, J. E. *et al.* Measurement of physical activity using accelerometers. Em: LUISELLI, J. K. (Ed.). **Computer-Assisted and Web-Based Innovations in Psychology, Special Education, and Health**. San Diego, CA, US: Elsevier, 2016. v. 389p. 33–60.

Sasaki, J. E. *et al.* Orientações para utilização de acelerômetros no Brasil. **Revista Brasileira de Atividade Física & Saúde**, v. 22, n. 2, p. 110–126, 2017.

Sasaki, J. E. *et al.* Pedometers and accelerometers in multiple sclerosis: Current and new applications. **International journal of environmental research and public health**, v. 19, n. 18, p. 11839, 2022.

Sebastião, E.; Learmonth, Y.C.; Motl, R.W. Mobility measures differentiate falls risk status in people with multiple sclerosis: An exploratory study. **NeuroRehabilitation**, v. 40, n. 1, p. 153–161, 2017.

Shema-Shiratzky, S. *et al.* A wearable sensor identifies alterations in community ambulation in multiple sclerosis: contributors to real-world gait quality and physical activity. **Journal of neurology**, v. 267, n. 7, p. 1912–1921, 2020.

Shema-Shiratzky, S. *et al.* Deterioration of specific aspects of gait during the instrumented 6-min walk test among people with multiple sclerosis. **Journal of neurology**, v. 266, n. 12, p. 3022–3030, 2019.

Skender, S. *et al.* Accelerometry and physical activity questionnaires - a systematic review. **BMC public health**, v. 16, n. 1, p. 515-525, 2016.

Sosnoff, J. J. *et al.* Walking and thinking in persons with multiple sclerosis who vary in disability. **Archives of physical medicine and rehabilitation**, v. 92, n. 12, p. 2028–2033, 2011.

Sosnoff, J. J.; Sandroff, B. M.; Motl, R. W. Quantifying gait abnormalities in persons with multiple sclerosis with minimal disability. **Gait & posture**, v. 36, n. 1, p. 154–156, 2012.

Souza, M. T. de; Silva, M. D. da; Carvalho, R. de. Integrative review: what is it? How to do it? **Einstein (Sao Paulo, Brazil)**, v. 8, n. 1, p. 102–106, 2010.

Spain, R. I. *et al.* Body-worn sensors capture variability, but not decline, of gait and balance measures in multiple sclerosis over 18 months. **Gait & posture**, v. 39, n. 3, p. 958–964, 2014.

Tian, X. *et al.* Efficacy and safety of rituximab in relapsing-remitting multiple sclerosis: A systematic review and meta-analysis. **Journal of Neuroimmunology**. 2020, 247, 577317.

Troiano, R. P. *et al.* Evolution of accelerometer methods for physical activity research. **British Journal of Sports Medicine**, 48 (13):1019-1023, 2014.

Tulipani, L. J. *et al.* Evaluation of unsupervised 30-second chair stand test performance assessed by wearable sensors to predict fall status in multiple sclerosis. **Gait & posture**, v. 94, p. 19–25, 2022.

Tulipani, L. J. *et al.* Metrics extracted from a single wearable sensor during sit-stand transitions relate to mobility impairment and fall risk in people with multiple sclerosis. **Gait & posture**, v. 80, p. 361–366, 2020.

Tulipani, L. J. *et al.* The sit-to-stand transition as a biomarker for impairment: Comparison of instrumented 30-second chair stand test and daily life transitions in multiple sclerosis. **IEEE transactions on neural systems and rehabilitation engineering: a publication of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society**, v. 30, p. 1213–1222, 2022.

Twork, S. *et al.* Disability status and quality of life in multiple sclerosis: non-linearity of the Expanded Disability Status Scale (EDSS). **Health and quality of life outcomes**, v. 8, n. 1, 2010.

Veldhuijzen Van Zanten, J. J. *et al.* Sedentary behaviour in people with multiple sclerosis: Is it time to stand up against MS? **Multiple sclerosis (Houndmills, Basingstoke, England)**, v. 22, n. 10, p. 1250–1256, 2016.

Vienne-Jumeau, A. *et al.* Wearable inertial sensors provide reliable biomarkers of disease severity in multiple sclerosis: A systematic review and meta-analysis. **Annals of physical and rehabilitation medicine**, v. 63, n. 2, p. 138–147, 2020.

Wallin, M. T. *et al.* Global, regional, and national burden of multiple sclerosis 1990–2016: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016. **Lancet neurology**, v. 18, n. 3, p. 269–285, 2019.

Warmerdam, E. *et al.* Long-term unsupervised mobility assessment in movement disorders. **Lancet neurology**, v. 19, n. 5, p. 462–470, 2020.

WHO (World Health Organization). Multiple sclerosis. 2023.

Woelfle, T. *et al.* Practice effects of mobile tests of cognition, dexterity, and mobility on patients with multiple sclerosis: Data analysis of a smartphone-based observational study. **Journal of medical internet research**, v. 23, n. 11, p. e30394, 2021.

Woelfle, T. *et al.* Wearable sensor technologies to assess motor functions in people with multiple sclerosis: Systematic scoping review and perspective. **Journal of medical internet research**, v. 25, p. e44428, 2023.

Yamout, B. I.; Alroughani, R. Multiple Sclerosis. **Semin. Neurol**, v. 38, n. 2, p. 212–225, 2018.

Zhao, Z. *et al.* Differences in physical, mental, and social functions between males and females in multiple sclerosis: A multicenter cross-sectional study in China. **Multiple sclerosis and related disorders**, v. 48, n. 102693, p. 102693, 2021.

Zheng, P. *et al.* Free-Living Peak Cadence in Multiple Sclerosis: A New Measure of Real-World Walking? **Neurorehabilitation and Neural Repair**, v. 37, n. 10, p. 716–726, 2023.

Zheng, P. *et al.* Free-living peak Cadence in multiple sclerosis: A new measure of real-world walking? **Neurorehabilitation and neural repair**, v. 37, n. 10, p. 716–726, 2023.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE)



Universidade Federal do Triângulo Mineiro
Programa de Pós-Graduação em Educação Física
Av. Tutunas, 490 – Bairro Tutunas – CEP: 38061-550 – Uberaba – MG
(34) 3700-6633

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Convidamos você a participar da pesquisa: Validação e Exploração de Instrumentos Objetivos e Subjetivos para o Monitoramento da Atividade Física e do Comportamento Sedentário em Diferentes Populações. O objetivo desta pesquisa é validar métodos objetivos, como os acelerômetros e os pedômetros, e métodos subjetivos, como questionários de auto relato, para avaliação da atividade física e comportamento sedentário. Sua participação é importante, pois ajudará a conhecer se os instrumentos objetivos e subjetivos que serão avaliados e verificar se são válidos e, quando validados, possibilitarão melhor compreensão sobre os fatores relacionados à saúde.

Caso você aceite participar desta pesquisa será necessário responder questionários sobre atividade física, comportamento sedentário, ansiedade, depressão e fadiga. Você também realizará alguns testes simples de mobilidade e função física, nos quais, em um deles, você deverá caminhar por 6 minutos na maior velocidade possível, sem poder correr, em outro, você deve se levantar de uma cadeira (de aproximadamente 46 cm), caminhar até uma linha reta a 3 metros de distância, de maneira mais rápida, virar, caminhar de volta e sentar-se novamente, e outro que combina a velocidade de caminhada, de equilíbrio e de força de membros inferiores (MMII). Também serão realizados testes de locomoção no solo e em esteira em diferentes velocidades. Serão utilizados acelerômetros nos testes e também durante 7 dias em seu dia a dia. Todos os procedimentos mencionados anteriormente serão realizados, prioritariamente, no Programa de Pós Graduação em Educação Física (PPGEF) da Universidade Federal do Triângulo Mineiro (UFTM), que se localiza na Av. do Tutuna, 490G, Vila Celeste, Uberaba-MG, na UFTM - Unidade Abadia (Centro Educacional e Centro de Pesquisas Professor Aluizio Rosa Prata), que se localiza na Av. Getúlio Guaritá, 159 - Nossa Sra. da Abadia, Uberaba - MG, no Hospital de Clínicas UFTM, que se localiza Av. Getúlio Guaritá, 130 - Nossa Sra. da Abadia,

Uberaba – MG, além de seu ambiente livre, com tempo estimado de 2 horas para responder os questionários e realizar os testes, na data prevista entre Abril de 2023 à Dezembro de 2024.

Os riscos desta pesquisa são mínimos, entre eles está a possibilidade de perda de confidencialidade, já que a identificação é restrita aos pesquisadores do estudo, porém, ainda que haja o máximo de cuidado para o anonimato do participante, há chance de ocorrer a eventualidade citada. Porém, para minimizar esse risco, nenhum dado que possa identificar o(a) sr(a) como nome, sobrenome, iniciais, registros individuais, informações postais, números de telefones, endereços eletrônicos, fotografias, entre outros serão utilizadas sem sua autorização. Para isso, serão utilizados códigos para referenciar cada participante, em que os mesmos serão identificados somente pelos pesquisadores, além de que os dados serão armazenados em computador com senha e somente os pesquisadores saberão ela. Além disso, também há possibilidade de tontura, falta de ar e dor, como também quedas na esteira ergométrica e/ou durante os testes de função física. Caso aconteça algum desses fatores, os testes se encerrarão imediatamente, os indivíduos serão encaminhados para o SAMU e receberão o atendimento necessário e sem custo. Após o atendimento de emergência pelo SUS, nas situações em que os participantes necessitarem de atendimento, os custos serão realizados pelos pesquisadores. Para minimizar os riscos serão tomadas as seguintes providências: haverá a aplicação de questionários relacionados à saúde do indivíduo, além da pressão arterial ser aferida antes da prática da atividade.

Espera-se que de sua participação na pesquisa possa auxiliar no avanço dos métodos de avaliação da atividade física, comportamento sedentário e função física e, possibilitado futuramente intervenções para melhorar a qualidade de vida e incentivar a prática de atividade física em diferentes populações.

Você poderá obter quaisquer informações relacionadas a sua participação nesta pesquisa, a qualquer momento que desejar, por meio dos pesquisadores do estudo. Sua participação é voluntária, e em decorrência dela você não receberá qualquer valor em dinheiro. Você não terá nenhum gasto por participar nesse estudo, pois qualquer gasto que você tenha por causa dessa pesquisa lhe será ressarcido. Você poderá não participar do estudo, ou se retirar a qualquer momento, sem que haja qualquer constrangimento junto aos pesquisadores, ou prejuízo no que se refere à pesquisa, bastando você dizer ao pesquisador que lhe entregou este documento. Você não será identificado neste estudo, pois a sua identidade será de conhecimento apenas dos pesquisadores da pesquisa, sendo garantido o seu sigilo e privacidade. Você tem direito a requerer indenização diante de eventuais danos que você sofra em decorrência dessa pesquisa.

Contato dos pesquisadores:

Pesquisador(es): Jeffer Eidi Sasaki (Professor – Orientador) - (34) 98872-7934

Diego Josahkian (Aluno) - (34) 98402-4545

Rayssa Soares de Queiroz (Aluna) – (34) 99196-7116

Joilson Meneguci (Professor) – (34) 98878-5111

Jair Sindra Virtuoso Júnior (Professor) – (34) 99105 – 5979

Sheilla Tribess (Professora) – (34) 99105-3454

Marlos Aureliano Dias de Sousa (Médico Neurologista) – (34) 99201-6065

Endereço: Av. do Tutuna, 490G, Vila Celeste, Uberaba-MG

Em caso de dúvida em relação a esse documento, favor entrar em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Triângulo Mineiro, pelo telefone (34) 3700-6803, ou no endereço Av. Getúlio Guaritá, 159, Casa das Comissões, Bairro Abadia – CEP: 38025-440 – Uberaba-MG – de segunda a sexta-feira, das 08:00 às 12:00 e das 13:00 às 17:00. Os Comitês de Ética em Pesquisa são colegiados criados para defender os interesses dos participantes de pesquisas, quanto a sua integridade e dignidade, e contribuir no desenvolvimento das pesquisas dentro dos padrões éticos.

Eu, _____, li e/ou ouvi o esclarecimento acima e compreendi para que serve o estudo e a quais procedimentos serei submetido. A explicação que recebi esclarece os riscos e benefícios do estudo. Eu entendi que sou livre para interromper minha participação a qualquer momento, sem justificar minha decisão e que isso não afetará ou piorará o diagnóstico que tenho. Sei que meu nome não será divulgado, que não terei despesas e não receberei dinheiro para participar do estudo. Concordo em participar do estudo, Validação e Exploração de Instrumentos Objetivos e Subjetivos para o Monitoramento da Atividade Física e do Comportamento Sedentário em Diferentes Populações, e receberei uma via assinada deste documento.

Uberaba,//.....

Assinatura do participante

Assinatura do pesquisador responsável

Assinatura do pesquisador assistente

Telefone de contato dos pesquisadores:

Jeffer Eidi Sasaki (Professor – Orientador) - (34) 98872-7934

Diego Josahkian (Aluno) - (34) 98402-4545

Rayssa Soares de Queiroz (Aluna) – (34) 99196-7116

Joilson Meneguci (Professor) – (34) 98878-5111

Jair Sindra Virtuoso Júnior (Professor) – (34) 99105 – 5979

Sheilla Tribess (Professora) – (34) 99105-3454

Marlos Aureliano Dias de Sousa (Médico Neurologista) – (34) 99201-6065

APÊNDICE B – Questionário Sociodemográfico**QUESTIONÁRIO SOCIODEMOGRÁFICO**

NOME: _____

IDADE: _____ CIDADE DA RESIDÊNCIA: _____

ENDEREÇO: _____

CONTATO 1: () _____ CONTATO 2: () _____

CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO: _____

SEXO: () 1- MASCULINO () 2- FEMININO

() 2- PREFIRO NÃO MENCIONAR

RAÇA: () 1- BRANCO () 2- PRETO () 3- PARDO () 4- AMARELO

() 5- INDÍGENA

NÍVEL DE ESCOLARIDADE:

() 1- ANALFABETO/FUNDAMENTAL I INCOMPLETO

() 2- FUNDAMENTAL I COMPLETO/FUNDAMENTAL II INCOMPLETO

() 3- FUNDAMENTAL II COMPLETO/MÉDIO INCOMPLETO

() 4- MÉDIO COMPLETO/SUPERIOR INCOMPLETO

() 5- SUPERIOR COMPLETO

ESTADO CIVIL:

() 1- SOLTEIRO (A)

() 2- CASADO (A)

() 3- SEPARADO (A)

() 4- DIVORCIADO (A)

() 5- VIÚVO (A)

TRABALHA ATUALMENTE:

() 1- SIM () 2- NÃO () 3- DESEMPREGADO/PENSIONISTA

() 4- INCAPAZ AO TRABALHO

RENTA MÉDIA DOMICILIAR:

- () 1- R\$21.826,74 (CLASSE A)
- () 2- R\$10.361,48 (CLASSE B1)
- () 3- R\$5.755,23 (CLASSE B2)
- () 4- R\$3.276,76 (CLASSE C1)
- () 5- R\$1.965,87 (CLASSE C2)
- () 6- ATÉ R\$900,60 (CLASSE DE)

APÊNDICE C – Questionário Autorrelatado**QUESTIONÁRIO AUTORRELATADO DA ESCLEROSE MÚLTIPLA**

NOME: _____

IDADE: _____ CONTATO: () _____

CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO: _____

SEXO: 1- () MASCULINO 2 - () FEMININO

3- () PREFIRO NÃO MENCIONAR

QUAL O TIPO DE ESCLEROSE MÚLTIPLA VOCÊ POSSUI?

() 1- ESCLEROSE MÚLTIPLA REMITENTE RECORRENTE (EMRR)

() 2- ESCLEROSE MÚLTIPLA PRIMÁRIA PROGRESSIVA (EMPP)

() 3- ESCLEROSE MÚLTIPLA PROGRESSIVA RECORRENTE (EMPR)

() 4- ESCLEROSE MÚLTIPLA SECUNDÁRIA PROGRESSIVA (EMSP)

QUAL FOI O MÉTODO DE COMO VOCÊ FOI DIAGNOSTICADO (A) COM ESCLEROSE MÚLTIPLA?

() 1- RESSONÂNCIA MAGNÉTICA

() 2- PUNÇÃO LOMBAR (LÍQUIDO CEFALORRAQUIDIANO)

() 3- POTENCIAL EVOCADO (ELETRODOS)

() 4- SINTOMAS

QUANTO TEMPO TEM QUE VOCÊ FOI DIAGNOSTICADO (A) COM A ESCLEROSE MÚLTIPLA? _____

QUAL A DATA DO SEU ÚLTIMO SURTO? _____/_____/_____

QUAIS SÃO OS MEDICAMENTOS QUE VOCÊ CONSOME?

APÊNDICE D – Ficha de Testagem

SPPB					
Teste de Equilíbrio					
Posição em pé, com os pés juntos		Posição em pé, com um pé parcialmente à frente		Posição em pé, com um pé à frente	
INÍCIO: _____	FIM: _____	INÍCIO: _____	FIM: _____	INÍCIO: _____	FIM: _____
TEMPO: _____s		TEMPO: _____s		TEMPO: _____s	
Teste de Velocidade de Marcha (3 Metros)					
1ª Tentativa			2ª Tentativa		
INÍCIO: _____	FIM: _____	INÍCIO: _____	FIM: _____	INÍCIO: _____	FIM: _____
TEMPO: _____s			TEMPO: _____s		
Teste de Levantar da Cadeira					
1 VEZ			5 VEZES		
INÍCIO: _____	FIM: _____	INÍCIO: _____	FIM: _____	INÍCIO: _____	FIM: _____
			TEMPO: _____s		

TUG (3 METROS)					
1ª TENTATIVA		2ª TENTATIVA		3ª TENTATIVA	
INÍCIO: _____	FIM: _____	INÍCIO: _____	FIM: _____	INÍCIO: _____	FIM: _____
TEMPO: _____s		TEMPO: _____s		TEMPO: _____s	

CAMINHADA DE 6 MINUTOS					
INÍCIO: _____		FIM: _____		VELOCIDADE: _____ (m/s)	
DISTÂNCIA PERCORRIDA					
1º MIN: _____	2º MIN: _____	3º MIN: _____	4º MIN: _____	5º MIN: _____	6º MIN: _____
PSE DE BORG					
1º MIN: _____	2º MIN: _____	3º MIN: _____	4º MIN: _____	5º MIN: _____	6º MIN: _____

ESTEIRA		
Velocidade Lenta	Velocidade Confortável	Velocidade Rápida
INÍCIO: _____	INÍCIO: _____	INÍCIO: _____
FIM: _____	FIM: _____	FIM: _____
VELOCIDADE: _____(m/s)	VELOCIDADE: _____(m/s)	VELOCIDADE: _____(m/s)
PSE DE BORG DEPOIS: _____	PSE DE BORG DEPOIS: _____	PSE DE BORG DEPOIS: _____
Nº DE PASSOS: _____	Nº DE PASSOS: _____	Nº DE PASSOS: _____

APÊNDICE E – Diário para Participantes

CONTROLE DE USO DO ACELERÔMETRO

Nome: _____ ID: _____

Obrigado por aceitar utilizar este monitor! Ele está ligado, com a bateria carregada e não há dispositivo para desligar. Lembramos que são instrumentos caros, portanto, cuide bem deles!

Acelerômetro utilizado: ActiGraph GT9X - LINK – Número de controle: _____ - Período de uso: ___/___/___ a ___/___/___

Dia	Dia da semana	Data	Tempo de uso do acelerômetro			
			Horário que colocou ao levantar:	Horário(s) que retirou durante o dia	Horário(s) que recolocou	Horário que se deitou à noite:
1		___/___/___	___h ___m	Horário(s) e Motivo(s):	Horário(s):	___h ___m
		Horário que levantou: ___h ___m				

Dia	Dia da semana	Data	Tempo de uso do acelerômetro			
			Horário que colocou ao levantar:	Horário(s) que retirou durante o dia	Horário(s) que recolocou	Horário que se deitou à noite:

2		/ /	____h ____m	Horário(s) e Motivo(s):	Horário(s):	____h ____m
		Horário que levantou: ____h ____m				

Dia	Dia da semana	Data	Tempo de uso do acelerômetro			
			Horário que colocou ao levantar:	Horário(s) que retirou durante o dia	Horário(s) que recolocou	Horário que se deitou à noite:
3		/ /	____h ____m	Horário(s) e Motivo(s):	Horário(s):	____h ____m
		Horário que levantou: ____h ____m				

Dia	Dia da semana	Data	Tempo de uso do acelerômetro			
			Horário que colocou ao levantar:	Horário(s) que retirou durante o dia	Horário(s) que recolocou	Horário que se deitou à noite:

4		/ /	____h ____m	Horário(s) e Motivo(s):	Horário(s):	____h ____m
		Horário que levantou: ____h ____m				

Dia	Dia da semana	Data	Tempo de uso do acelerômetro			
			Horário que colocou ao levantar:	Horário(s) que retirou durante o dia	Horário(s) que recolocou	Horário que se deitou à noite:
5		/ /	____h ____m	Horário(s) e Motivo(s):	Horário(s):	____h ____m
		Horário que levantou: ____h ____m				

			Tempo de uso do acelerômetro			
--	--	--	-------------------------------------	--	--	--

Dia	Dia da semana	Data	Horário que colocou ao levantar:	Horário(s) que retirou durante o dia	Horário(s) que recolocou	Horário que se deitou à noite:
6		__ / __ / __	__h __m	Horário(s) e Motivo(s):	Horário(s):	__h __m
		Horário que levantou: __h __m				

Dia	Dia da semana	Data	Tempo de uso do acelerômetro			
			Horário que colocou ao levantar:	Horário(s) que retirou durante o dia	Horário(s) que recolocou	Horário que se deitou à noite:
7		__ / __ / __	__h __m	Horário(s) e Motivo(s):	Horário(s):	__h __m
		Horário que levantou: __h __m				

Caso tenha alguma dúvida ou problema com o acelerômetro, entre em contato com Rayssa, Diego ou José Humberto pelos números: (34) 99196-7116 (Rayssa), (34) 98402-4545 (Diego) e (34) 98844-5447 (José Humberto).

APÊNDICE F – Instruções de Utilização do Acelerômetro em Vida Livre e de Preenchimento do Diário

Como usar o acelerômetro?

O acelerômetro deverá ficar dentro da case (capinha) e não deve ser retirado. A case é presa à uma tira elástica que você prenderá na cintura como um cinto.

Se você tiver alguma dúvida sobre o acelerômetro ou sua utilização, não hesite em entrar em contato!

Rayssa: (34) 99196-7116

Diego: (34) 98402-4545

José Humberto: (34) 98844-5447

Instruções

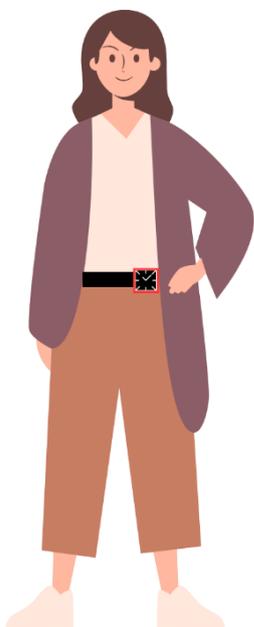
- 1- Comece a usar o acelerômetro no dia seguinte que pegar, colocando-o quando levantar.
- 2- Registre a data e hora em que você começou a usá-lo no “Dia 1”. Use o acelerômetro por **sete dias**.
- 3- O único momento em que você não deve usar o acelerômetro é quando for tomar banho ou for realizar alguma atividade na água, como nadar, hidroginástica, etc.
- 4- Lembre-se de anotar a hora do dia em que você colocou e retirou o acelerômetro em cada um dos 7 dias. É fornecido espaço para anotar sempre que você não usou.
- 5- Depois de usar o acelerômetro por sete dias, coloque-o no envelope juntamente com o diário preenchido, e nos envie de volta!

Exemplo de registro do acelerômetro

Dia	Dia da semana	Data	Tempo de uso do acelerômetro			
			Horário que colocou ao levantar:	Horário(s) que retirou durante o dia	Horário(s) que recolocou	Horário que se deitou à noite:
1	Segunda-feira	<u>04 / 09/23</u>	<u>07h 20m</u>	Horário(s) e Motivo(s): <u>10h00m- Natação</u> <u>17h30m – Tomar banho</u>	Horário(s): <u>11h30m</u> <u>18h00m</u>	<u>22h 53m</u>
		Horário que levantou: <u>07h 13m</u>				

Como usar o acelerômetro?

Use o acelerômetro de maneira confortável na parte superior do quadril, logo acima do osso do quadril não dominante. Em outras palavras, se você for destro, o acelerômetro deverá estar no quadril esquerdo, se você for canhoto, o acelerômetro deverá estar no quadril direito.



Observe que a modelo está usando o acelerômetro no quadril esquerdo, isso porque ela é destra.

Lembre-se que você pode usar o acelerômetro por cima ou por baixo da roupa, de acordo com sua preferência!

Se você precisar ajustar o cinto do acelerômetro, basta puxar uma das extremidades.

Dicas para uso adequado

Por favor, tome cuidado com o acelerômetro. Ele contém informações valiosas e é muito caro.

Não abra a capinha! O aparelho deve ser orientado em uma direção específica e não precisa ser ligado ou desligado, basta usá-la como está.

Mantenha o acelerômetro longe da água (não tome banho ou nade com ele).

Caso você se esqueça de usar o acelerômetro por um dia, use-o um dia a mais do que o previsto.

Mantenha o diário de registro do acelerômetro em um local conveniente, onde você possa lembrar de preenchê-lo completamente.

Questões?

Caso tenha alguma dúvida ou problema com o acelerômetro, entre em contato com Rayssa, Diego ou José Humberto pelos números:

(34) 99196-7116 (Rayssa), (34) 98402-4545 (Diego) e (34) 98844-5447 (José Humberto).

ANEXOS

ANEXO A – Escala de Graus de Doença Determinados pelo Paciente (PDDS)

PDDS - Brazilian version Graus da Doença Determinados pelo Paciente

Por favor, leia as opções listadas abaixo e escolha uma que melhor descreva asua situação. Essa escala foca principalmente na sua capa cidade de caminhar. Nem todos acharão uma descrição que reflita exatamente sua condição, mas, por favor, marque uma categoria que descreva o mais próximo de sua situação.

- 1 Normal: Eu posso ter alguns sintomas sensoriais leves, devido à esclerose múltipla, mas eles não limitam minhas atividades. Se eu tenho um surto, eu retorno ao normal depois que ele passa.
- 2 Incapacidade Leve: Eu apresento alguns sintomas visíveis relacionados à esclerose múltipla, mas eles são leves e possuem apenas um pequeno efeito no meu estilo de vida.
- 3 Incapacidade Moderada: Eu não tenho quaisquer limitações na minha habilidade de andar.No entanto, eu tenho problemas significativos devido à esclerose múltipla que limitam minhas atividadesdiárias em outros aspectos.
- 4 Incapacidade no caminhar: A esclerose múltipla interfere em minhas atividades, especialmente no meu caminhar. Eu posso trabalhar um dia inteiro, mas atividades atléticas ou fisicamenteexigentes são mais difíceis do que costumavam ser. Geralmente, eu não preciso de uma bengala ou outro auxílio para andar, mas eu posso precisar de alguma assistência durante um surto.
- 5 Bengala Precoce: Eu uso bengala ou uma muleta ou alguma outra forma de suporte (tal como me apoiar em uma parede ou no braço de alguém) durante todo o tempo, ou parte do tempo, especialmente quando caminho ao ar livre. Acho que posso andar aproximadamente 8 metros em 20 segundos sem uma bengala ou muleta. Eu sempre preciso de alguma assistência (bengala ou muleta) se euquero andar mais do que três quarteirões.
- 6 Bengala Tardia: Para ser capaz de caminhar aproximadamente 8 metros, eu tenho que ter uma bengala, muleta ou me apoiar em alguém. Eu posso andar pela casa ou por outros prédios segurandonos móveis ou me apoiando nas paredes. Posso usar uma scooter ou uma cadeira de rodas se eu quero percorrer distâncias maiores.
- 7 Apoio Bilateral: Para ser capaz de caminhar mais de 8 metros eu necessito de duas bengalas, duas muletas ou um andador. Eu posso usar uma scooter ou cadeira de rodas

para distâncias maiores.

8 Cadeira de Rodas/Scooter: Minha principal forma de mobilidade é uma cadeira de rodas. Eu consigo ficar de pé e/ou dar um ou dois passos, porém não consigo andar aproximadamente 8 metros, mesmo com muletas ou um andador.

9 Acamado: Sou incapaz de permanecer sentado em uma cadeira de rodas por mais de uma hora.

ANEXO B – Escala Expandida do Estado de Incapacidade (EDSS)

ESCALA EXPANDIDA DO ESTADO DE INCAPACIDADE – EDSS

A Escala Expandida do Estado de Incapacidade de Kurtzke (EDSS) quantifica as incapacidades ocorridas durante a evolução da esclerose múltipla ao longo do tempo, pela avaliação de oito sistemas funcionais (SF)*.

Escore	Características	Escore Total
0	Exame neurológico normal (todos os SF grau 0; cerebral, grau 1 aceitável)	
1,0	Sem incapacidade (1 SF grau 1)	
1,5	Sem incapacidade (2 SF grau 1)	
2,0	Incapacidade mínima em 1 SF (1 SF grau 2, outros grau 0 ou 1)	
2,5	Incapacidade mínima em 2 SF (2 SF grau 2, outros grau 0 ou 1)	
3,0	Incapacidade moderada em (SF grau 3, outros grau 0 ou 1) incapacidade discreta em 3 ou 4 SF (3/4 SF grau 2, outros grau 0 ou 1). Deambulando plenamente.	
3,5	Deambulação plena, com incapacidade moderada em 1SF (1 SF grau 3) e 1 ou 2 SF grau 2; ou 2SF grau 3; ou 5 SF grau 2 (outros 0 ou 1)	
4,0	Deambulação plena, até 500 m sem ajuda ou descanso (1 SF grau 4, outros 0 ou 1)	
4,5	Deambulação plena, até 300 m sem ajuda ou descanso. Com alguma limitação da atividade ou requer assistência mínima (1 SF grau 4, outros 0 ou 1)	
5,0	Deambulação até 200 m sem ajuda ou descanso Limitação nas atividades diárias (equivalentes são 1 SF grau 5, outros 0 ou ou combinação de graus menores excedendo o escore 4.0)	
5,5	Deambulação até 100 m sem ajuda ou descanso Incapacidade impedindo atividades plenas diárias (equivalentes são 1SF grau 5, outros 0 ou ou combinações de graus menores excedendo o escore 4.0)	
6,0	Assistência intermitente ou com auxílio unilateral constante de bengala, muleta ou suporte (equivalentes são mais que 2 S F graus 3+)	
6,5	Assistência bilateral (equivalentes são mais que 2 SF graus 3+)	

Escore	Características	Escore Total
7,0	Não anda 5 m mesmo com ajuda. Restrito a cadeira de rodas. Transfere-se da cadeira para a cama (equivalentes são combinações com mais de 1 SF 4+, ou piramidal grau 5 isoladamente)	
7,5	Consegue apenas dar poucos passos. Restrito á cadeira de rodas. Necessita ajuda para transferir-se (equivalentes são combinações com mais que 1 SF grau 4+)	
8,0	Restrito ao leito, mas pode ficar fora da cama. Retém funções de autocuidado; bom uso dos braços (equivalentes são combinações de vários SF grau 4+)	
8,5	Restrito ao leito constantemente. Retém algumas funções de autocuidado e dos braços (equivalentes são combinações de vários SF grau 4+)	
9,0	Paciente incapacitado no leito. Pode comunicar, não come, não deglute (equivalentes é a maioria de SF grau 4+)	
9,5	Paciente totalmente incapacitado no leito. Não comunica, não come, não deglute (equivalentes são quase todos de SF grau 4+)	
10	Morte por esclerose múltipla	
TOTAL		

***SISTEMAS FUNCIONAIS (SF) PARA A ESCALA EXPANDIDA DO ESTADO DE INCAPACIDADE**

Funções Piramidais

0. Normal
1. Sinais anormais sem incapacidade motora
2. Incapacidade mínima
3. Discreta ou moderada paraparesia ou hemiparesia; monoparesia grave
4. Paraparesia ou hemiparesia acentuada; quadriparesia moderada; ou monoplegia
5. Paraplegia, hemiplegia ou acentuada quadriparesia
6. Quadriplegia
- V. Desconhecido

Funções Cerebelares

0. Normal
1. Sinais anormais sem incapacidade
2. Ataxia discreta em qualquer membro
3. Ataxia moderada do tronco ou de membros
4. Incapaz de realizar movimentos coordenados devido à ataxia
- V. Desconhecido

Funções do Tronco Cerebral

0. Normal
1. Somente sinais anormais
2. Nistagmo moderado ou outra incapacidade leve
3. Nistagmo grave, acentuada paresia extraocular ou incapacidade moderada de outros cranianos
4. Disartia acentuada ou outra incapacidade acentuada
5. Incapacidade de deglutir ou falar
- V. Desconhecido

Funções Sensitivas

0. Normal
1. Diminuição de sensibilidade ou estereognosia em 1-2 membros
2. Diminuição discreta de tato ou dor, ou da sensibilidade posicional, e/ou diminuição moderada da vibratória ou estereognosia em 1-2 membros, ou diminuição somente da vibratória em 3-4 membros
3. Diminuição moderada de tato ou dor, ou posicional, e/ou perda da vibratória ou estereognosia em 1-2 membros, ou diminuição discreta de tato e/ou diminuição moderada de toda propriocepção em 3-4 membros
4. Diminuição acentuada de tato ou dor, ou perda da propriocepção em 1-2 membros, ou diminuição moderada de tato e/ou diminuição acentuada da propriocepção em mais de 2 membros
5. Perda da sensibilidade de 1-2 membros, ou moderada da diminuição de tato e/ou perda da propriocepção na maior parte do corpo abaixo da cabeça
- V. Desconhecido

Funções Vesicais

0. Norma
1. Sintomas urinários sem incontinência
2. Incontinência {ou igual uma vez por semana
3. Incontinência} ou igual uma vez por semana
4. Incontinência diária ou mais que 1 vez por dia
5. Caracterização continua
6. Grau para bexiga e grau 5 para disfunção retal
- V. Desconhecido

Funções Intestinais

0. Normal
1. < Obstipação diária e sem incontinência
2. Obstipação diária sem incontinência
3. Obstipação < uma vez por semana
4. Incontinência > uma vez por semana mas não diária
5. Sem controle de esfíncter retal

6. Grau 5 para bexiga e grau 5 para disfunção retal
- V. Desconhecido

Funções Visuais

0. Normal
1. Escotoma com acuidade visual (AV) igual ou menor que 20/30
2. Pior olho com escotoma e AV de 20/30 e 20/59
3. Pior olho com grande escotoma, ou diminuição moderada dos campos, mas com AV de 20/60 a 20/99
4. Pior olho com diminuição acentuada dos campos e AV de 20/100 a 20/200; ou grau 3 com AV do melhor olho igual ou menor que 20/60
5. Pior olho com AV menor que 20/200, ou grau 4 com AV do melhor olho igual ao menor que 20/60
6. Grau 5 com AV do melhor olho igual ou menor que 20/60
- V. Desconhecido

Funções Mentais

0. Normal
1. Alterações apenas do humor
2. Diminuição discreta da mentação
3. Diminuição normal da mentação
4. Diminuição acentuada da mentação (moderada síndrome cerebral crônica)
5. Demência ou grave síndrome cerebral crônica
- V. Desconhecido

Outras Funções

0. Nenhuma
1. Qualquer outro achado devido à EM
2. Desconhecido

Referência: Kurtzke Neurology 1983; 33:1444-52.

Assinatura e Carimbo do Médico

/ /
Data

ANEXO C – Short Physical Performance Battery (SPPB)

Versão Brasileira da Short Physical Performance Battery- SPPB

1- Testes de equilíbrio:

A) Posição com os pés juntos



Instruções para o Avaliador	Instruções para o Paciente
O paciente deve conseguir ficar em pé sem utilizar bengala ou andador. Ele pode ser ajudado a levantar-se para ficar na posição	a) Agora vamos começar a avaliação b) Eu gostaria que o(a) Sr(a) tentasse realizar vários movimentos com o corpo c) Primeiro eu demonstro e explico como fazer cada movimento d) Depois o(a) Sr(a) tenta fazer o mesmo e) Se o(a) Sr(a) não puder fazer algum movimento, ou sentir-se inseguro(a) para realizá-lo, avise-me e passaremos para o próximo teste f) Vamos deixar bem claro que o(a) Sr(a) não tentará fazer qualquer movimento se não se sentir seguro(a) g) O(a) Sr(a) tem alguma pergunta antes de começarmos?
Agora eu vou mostrar o 1º movimento. Depois, o(a) Sr(a) fará o mesmo	
1. Demonstre	a) Agora, fique em pé, com os pés juntos, um encostado no outro, por 10 segundos b) Pode usar os braços, dobrar os joelhos ou balançar o corpo para manter o equilíbrio, mas procure não mexer os pés c) Tente ficar nesta posição até eu falar “pronto”
2. Fique perto do paciente para ajudá-lo a ficar em pé com os pés juntos	
3. Caso seja necessário, dê somente o suporte necessário ao braço do paciente para evitar que ele perca o equilíbrio	
4. Assim que o paciente estiver com os pés juntos, pergunte:	“O(a) Sr(a) está pronto(a)?”
5. Retire o apoio, caso tenha sido necessário ajudar o paciente a ficar em pé na posição, e diga:	“Preparar, já!” (disparando o cronômetro)
6. Pare o cronômetro depois de 10 segundos, ou quando o paciente sair da posição, ou segurar o seu braço dizendo:	“Pronto, acabou”
7. Se o paciente não conseguir se manter na posição por 10 segundos, marque o resultado e prossiga para o Teste de Velocidade de Marcha	

A.1) Pontuação:

- Manteve por 10 segundos (1)
 Não manteve por 10 segundos (0)
 Não tentou (0)

Se pontuar 0, encerre os Testes de equilíbrio e marque o motivo no quadro 1.

Tempo de execução quando for menor que 10 seg: _____: _____ segundos

B) Posição em pé com um pé parcialmente à frente



Instruções para o Avaliador	Instruções para o Paciente
Agora eu vou mostrar o 2º movimento. Depois, o(a) Sr(a) fará o mesmo	
1. Demonstre	a) Eu gostaria que o(a) Sr(a) colocasse um dos pés um pouco mais à frente do outro pé, até ficar com o calcanhar de um pé encostado ao lado do dedão do outro pé b) Fique nesta posição por 10 segundos c) O(a) Sr(a) pode colocar tanto um pé quanto o outro na frente, o que for mais confortável d) O(a) Sr(a) pode usar os braços, dobrar os joelhos ou o corpo para manter o equilíbrio, mas procure não mexer os pés e) Tente ficar nesta posição até eu falar “pronto”
2. Fique perto do paciente para ajudá-lo a ficar em pé com um pé parcialmente à frente	
3. Caso seja necessário, dê somente o suporte necessário ao braço do paciente para evitar que ele perca o equilíbrio	
4. Assim que o paciente estiver na posição, com o pé parcialmente à frente, pergunte:	“O(a) Sr(a) está pronto(a)?”
5. Retire o apoio, caso tenha sido necessário ajudar o paciente a ficar em pé na posição, e diga:	“Preparar, já!” (disparando o cronômetro)
6. Pare o cronômetro depois de 10 segundos, ou quando o paciente sair da posição, ou segurar o seu braço dizendo:	“Pronto, acabou”
7. Se o paciente não conseguir se manter na posição por 10 segundos, marque o resultado e prossiga para o Teste de Velocidade de Marcha	

B.1) Pontuação

- Manteve por 10 segundos (1)
 Não manteve por 10 segundos (0)
 Não tentou (0)

Se pontuar 0, encerre os Testes de equilíbrio e marque o motivo no quadro 1.

Tempo de execução quando for menor que 10 seg: _____: _____ segundos

C) Posição em pé com um pé à frente



Instruções para o Avaliador	Instruções para o Paciente
Agora eu vou mostrar o 2º movimento. Depois, o(a) Sr(a) fará o mesmo	
1. Demonstre	f) Eu gostaria que o(a) Sr(a) colocasse um dos pés totalmente à frente do outro até ficar com o calcanhar deste pé encostado nos dedos do outro pé g) Fique nesta posição por 10 segundos h) O(a) Sr(a) pode colocar qualquer um dos pés na frente, o que for mais confortável i) O(a) Sr(a) pode usar os braços, dobrar os joelhos ou o corpo para manter o equilíbrio, mas procure não mexer os pés j) Tente ficar nesta posição até eu avisar quando parar
2. Fique perto do paciente para ajudá-lo a ficar em pé com um pé à frente	
3. Caso seja necessário, dê somente o suporte necessário ao braço do paciente para evitar que ele perca o equilíbrio	
4. Assim que o paciente estiver na posição, com o pé à frente, pergunte:	“O(a) Sr(a) está pronto(a)?”
5. Retire o apoio, caso tenha sido necessário ajudar o paciente a ficar em pé na posição, e diga:	“Preparar, já!” (disparando o cronômetro)
6. Pare o cronômetro depois de 10 segundos, ou quando o paciente sair da posição, ou segurar o seu braço dizendo:	“Pronto, acabou”

C.1) Pontuação

Manteve por 10 segundos (2) pontos

Não manteve de 3 a 9,99 segundos (1) ponto

Manteve por menos de 3 segundo (0) ponto

Não tentou (0) ponto

Se pontuar 0, encerre os Testes de equilíbrio e marque o motivo no quadro 1.

Tempo de execução quando for menor que 10 seg: _____:_____ segundos

D) Pontuação total nos testes de equilíbrio: _____ (soma dos pontos)

Quadro 1

Se o paciente não realizou o teste ou falhou, marque o motivo:

- 1) Tentou mas não conseguiu
- 2) O paciente não consegue manter-se na posição sem ajuda
- 3) Não tentou, o avaliador sentiu-se inseguro
- 4) Não tentou, o paciente sentiu-se inseguro

- 5) O paciente não conseguiu entender as instruções.
 6) Outros (Especifique): _____
 7) O paciente recusou participação.

2) Teste de Velocidade de Marcha (3 metros)

A) Primeira tentativa

Instruções para o Avaliador	Instruções para o Paciente
Material: fita crepe ou fita adesiva, espaço de 3 ou 4 metros, fita métrica ou trena e cronômetro	Agora eu vou observar o(a) Sr(a) andando normalmente. Se precisar de bengala ou andador para caminhar, pode utilizá-los.
1. Demonstre a caminhada para o paciente	a) Eu caminharei primeiro e só depois o(a) Sr(a) irá caminhar da marca inicial até ultrapassar completamente a marca final, no seu passo de costume, como se estivesse andando na rua para ir a uma loja b) Caminhe até ultrapassar completamente a marca final e depois pare c) Eu andarei com o(a) Sr(a) d) O(a) Sr(a) sente-se seguro(a) para fazer isso?
2. Posicione o paciente em pé, com a ponta dos pés tocando a marca inicial	
3. Dispare o cronômetro assim que o paciente tirar o pé do chão	a) Quando eu disser "Já", o(a) Sr(a) começa a andar b) "Entendeu?" Assim que o paciente disser que sim, diga: "Então, preparar, já!" (disparando o cronômetro)
4. Caminhe ao lado e logo atrás do paciente	
6. Pare o cronômetro depois de 10 segundos, ou quando o paciente sair da posição, ou segurar o seu braço dizendo:	5. Quando um dos pés do paciente ultrapassar completamente a marca final, pare de marcar o tempo

Tempo da primeira tentativa

A. Tempo para 3 ou 4 metros: ____: ____ segundos

B. Se o paciente não realizou o teste ou falhou, marque o motivo:

- 1) Tentou, mas não conseguiu.
- 2) O paciente não consegue caminhar sem ajuda de outra pessoa.
- 3) Não tentou, o avaliador julgou inseguro.
- 4) Não tentou, o paciente sentiu-se inseguro.
- 5) O paciente não conseguiu entender as instruções.
- 6) Outros (Especifique): _____
- 7) O paciente recusou participação

C. Apoios para a primeira caminhada:

- 1- Nenhum () 2- bengala () 3- outro ()

- Se o tempo for maior que 8,70 segundos: (1) ponto
 Se o tempo for de 6,21 a 8,70 segundos: (2) pontos
 Se o tempo for de 4,82 a 6,20 segundos: (3) pontos
 Se o tempo for menor que 4,82 segundos: (4) pontos

3) Teste de levantar-se da cadeira

3.1. Pré-teste: levantar-se da cadeira 1 vez



Instruções para o Avaliador	Instruções para o Paciente
Material: cadeira com encosto reto, sem apoio lateral, com aproximadamente 45 cm de altura e cronômetro. A cadeira deve estar encostada à parede ou estabilizada de alguma forma, para impedir que se mova durante o teste	
Pré-teste: levantar da cadeira de uma vez	
1. Certifique-se de que o paciente esteja sentado, ocupando a maior parte do assento, mas com os pés bem apoiados no chão. Não precisa necessariamente encostar a coluna no encosto da cadeira, isso vai depender da altura do paciente	Vamos fazer o último teste. Ele mede a força de suas pernas. O(a) Sr(a) se sente seguro(a) para levantar-se da cadeira sem ajuda dos braços?
2. Demonstre e explique os procedimentos	Eu vou demonstrar primeiro. Depois, o(a) Sr(a) fará o mesmo a) Primeiro, cruze os braços sobre o peito e sente-se com os pés apoiados no chão b) Depois, levante-se completamente, mantendo os braços cruzados sobre o peito e sem tirar os pés do chão
3. Anote o resultado	“Por favor, levante-se mantendo os braços cruzados sobre o peito”
4. Caso o participante não consiga levantar-se sem usar os braços, diga:	“Tudo bem, tente levantar-se usando os braços” Este é o fim do teste
5. Finalize e prossiga para o formulário de pontuação	

Resultado do Pré-teste: levantar-se da cadeira 1 vez

A. Levantou-se sem ajuda e com segurança:

1- Sim () 2- Não ()

B. Resultados:

() 1- O paciente levantou-se sem usar os braços > Vá para o teste de levantar-se da cadeira 5 vezes.

() 2- O paciente usou os braços para levantar-se > Encerre o teste e **pontue 0**

() 3- Teste não completado ou não realizado > Encerre o teste e **pontue 0**

C. Se o paciente não realizou o teste ou falhou, marque o motivo:

1) Tentou, mas não conseguiu.

2) O paciente não consegue levantar-se da cadeira sem ajuda.

3) Não tentou, o avaliador julgou inseguro.

4) Não tentou, o paciente sentiu-se inseguro.

- 5) O paciente não conseguiu entender as instruções.
 6) Outros (Especifique): _____
 7) O paciente recusou participação

3.2. Teste de levantar-se da cadeira 5 vezes

Instruções para o Avaliador	Instruções para o Paciente
1. Demonstre e explique os procedimentos	
Pré-teste: levantar da cadeira de uma vez	
1. Certifique-se de que o paciente esteja sentado, ocupando a maior parte do assento, mas com os pés bem apoiados no chão. Não precisa necessariamente encostar a coluna no encosto da cadeira, isso vai depender da altura do paciente	a) "O(a) Sr(a) se sentiria seguro(a) tentando levantar-se de uma cadeira cinco vezes sem usar os braços?" b) "Por favor, levante-se o mais rápido possível, cinco vezes seguidas, sem parar entre as repetições" c) "Cada vez que se levantar, sente-se e levante-se novamente" d) "Mantenha os braços cruzados sobre o peito" e) "Eu vou marcar o tempo com um cronômetro"
2. Quando o paciente estiver sentado, adequadamente, como descrito anteriormente, avise que vai disparar o cronômetro, dizendo:	"Preparar, já!" (disparando o cronômetro)
3. Conte em voz alta cada vez que o paciente se levantar, até a quinta vez	
4. Pare se o paciente ficar cansado ou com a respiração ofegante durante o teste	
5. Pare o cronômetro quando o paciente levantar-se completamente pela quinta vez	
6. Também pare: - Se o paciente usar os braços - Após um minuto, se o paciente não completar o teste - Quando achar que é necessário para a segurança do paciente	
7. Se o paciente parar e parecer cansado antes de completar os cinco movimentos, pergunte-lhe se ele pode continuar	
8. Se o paciente disser "Sim", continue marcando o tempo. Se o paciente disser "Não", pare e zere o cronômetro	

Resultado do teste de levantar-se da cadeira 5 vezes

A. Levantou-se as cinco vezes com segurança:

1- Sim () 2- Não ()

B. Levantou-se as cinco vezes com êxito, registre o tempo: _____:_____ segundos

C. Se o paciente não realizou o teste ou falhou, marque o motivo:

- 1) Tentou, mas não conseguiu.

- 2) O paciente não consegue levantar-se da cadeira sem ajuda.
- 3) Não tentou, o avaliador julgou inseguro.
- 4) Não tentou, o paciente sentiu-se inseguro.
- 5) O paciente não conseguiu entender as instruções.
- 6) Outros (Especifique): _____
- 7) O paciente recusou participação

PONTUAÇÃO DO TESTE DE LEVANTAR-SE DA CADEIRA

O participante não conseguiu levantar-se as 5 vezes, ou completou o teste em tempo maior que 60 segundos: (0) ponto

Se o tempo do teste for de 16,70 segundos ou mais: (1) ponto

Se o tempo do teste for maior ou igual a 13,70 e menor ou igual a 16,69 segundos: (2) pontos

Se o tempo do teste for maior ou igual a 11,20 e menor ou igual a 13,69 segundos: (3) pontos

Se o tempo do teste for menor ou igual a 11,19 segundos: (4) pontos

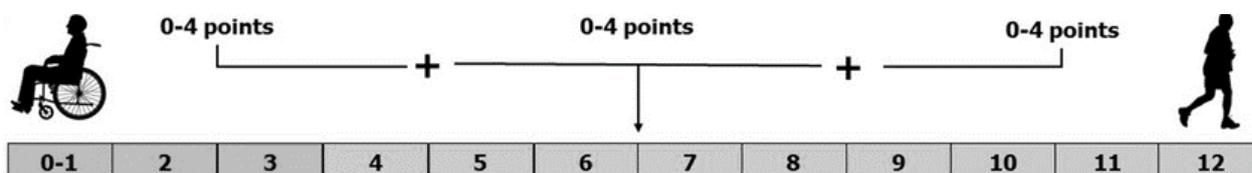
PONTUAÇÃO COMPLETA PARA A VERSÃO BRASILEIRA DA SHORTPHYSICAL PERFORMANCE BATTERY- SPPB

1. Pontuação total do teste de equilíbrio: _____ pontos
2. Pontuação do teste de velocidade de marcha: _____ pontos
3. Pontuação do teste de levantar-se da cadeira: _____ pontos
4. Pontuação total: _____ pontos (some os pontos acima)

CLASSIFICAÇÃO

0 a 3 pontos	1- Incapacidade ou desempenho ruim
4 a 6 pontos	2- Baixo desempenho
7 a 9 pontos	3- Moderado desempenho
10 a 12 pontos	4- Bom desempenho

RESULTADO: () 1- Incapacidade ou desempenho ruim () 2- Baixo desempenho
() 3- Moderado desempenho () 4- Bom desempenho



ANEXO D – Timed Up and Go (TUG)**Timed Up and Go Test (TUG)**

Equipamentos: cadeira, fita métrica, fita, cronômetro.

Instruções à equipe: Os participantes usam seus calçados normais e podem usar um auxílio para caminhar, se necessário. Comece pedindo que o paciente sente-se em uma cadeira com apoio de braços e identifique uma linha a 3 metros de distância no chão. Na palavra “Vá”, comece a cronometrar. Pare a cronometragem depois que o paciente se sentar novamente. Registre o tempo. À pessoa deve ser dada uma tentativa prática e, em seguida, três julgamentos reais. Os tempos dos três ensaios reais são calculados.

Instruções aos participantes:

Quando eu disser “Vá”, quero que você:

1. Levante-se da cadeira.
2. Caminhe até a linha no chão em seu ritmo normal.
3. Vire.
4. Volte para a cadeira no seu ritmo normal.
5. Sente-se novamente.

OBS.: Fique sempre por perto do paciente para maior segurança.

Resultados preditivos:

SEGUNDOS	AVALIAÇÃO
< 10	1- Mobilidade Normal
11 - 20	2- Boa Mobilidade
21 - 30	3- Mobilidade Regular
> 30	4- Mobilidade Prejudicada

TEMPO GASTO: _____s

RESULTADO: () 1- Mobilidade Normal () 2- Boa Mobilidade
 () 3- Mobilidade Regular () 4- Mobilidade Prejudicada

ANEXO E – Teste de Caminhada de 6 Minutos (TC6M)**Teste de Caminhada de 6 Minutos (TC6M)****Frases de Incentivo:****1º Minuto:** Você está indo bem. Faltam 5 minutos.**2º Minuto:** Mantenha o ritmo. Faltam 4 minutos.**3º Minuto:** Você está indo bem, estamos na metade do teste.**4º Minuto:** Mantenha o ritmo. Faltam apenas 2 minutos.**5º Minuto:** Você está indo bem. Falta apenas 1 minuto.**Faltando 15 segundos:** Em alguns instantes eu vou pedir para você parar. Pare onde estiver.**6º Minuto:** Pare!

VALOR DE REFERÊNCIA	
$TC6_{pred} = 890,46 - (6,11 \times idade) + (0,0345 \times idade^2) + (48,87 \times gênero) - (4,87 \times IMC)$	
Masculino = 1	Feminino = 0

VALOR DE REFERÊNCIA: _____

DISTÂNCIA PERCORRIDA: _____

ANEXO F – Questionário Internacional de Atividade Física (IPAQ)

Questionário Internacional de Atividade Física (IPAQ) – Versão Curta

Nós estamos interessados em saber que tipos de atividade física as pessoas fazem como parte do seu dia a dia. Este projeto faz parte de um grande estudo que está sendo feito em diferentes países ao redor do mundo. Suas respostas nos ajudarão a entender que tão ativos nós somos em relação à pessoas de outros países. As perguntas estão relacionadas ao tempo que você gasta fazendo atividade física na ÚLTIMA semana. As perguntas incluem as atividades que você faz no trabalho, para ir de um lugar a outro, por lazer, por esporte, por exercício ou como parte das suas atividades em casa ou no jardim. Suas respostas são MUITO importantes. Por favor responda cada questão mesmo que considere que não seja ativo. Obrigado pela sua participação!

Para responder as questões lembre que:

- atividades físicas **VIGOROSAS** são aquelas que precisam de um grande esforço físico e que fazem respirar MUITO mais forte que o normal
- atividades físicas **MODERADAS** são aquelas que precisam de algum esforço físico e que fazem respirar UM POUCO mais forte que o normal

Para responder as perguntas pense somente nas atividades que você realiza **por pelo menos 10 minutos contínuos** de cada vez.

1a Em quantos dias da última semana você CAMINHOU por pelo menos 10 minutos contínuos em casa ou no trabalho, como forma de transporte para ir de um lugar para outro, por lazer, por prazer ou como forma de exercício? **dias _____ por SEMANA () Nenhum**

1b Nos dias em que você caminhou por pelo menos 10 minutos contínuos quanto tempo no total você gastou caminhando por dia? **horas: _____ Minutos: _____**

2a. Em quantos dias da última semana, você realizou atividades **MODERADAS** por **pelo menos 10 minutos contínuos**, como por exemplo pedalar leve na bicicleta, nadar, dançar, fazer ginástica aeróbica leve, jogar vôlei recreativo, carregar pesos leves, fazer serviços domésticos na casa, no quintal ou no jardim como varrer, aspirar, cuidar do jardim, ou qualquer atividade que fez aumentar **moderadamente** sua respiração ou batimentos do coração (**POR FAVOR NÃO INCLUA CAMINHADA**) **dias _____ por SEMANA () Nenhum**

2b. Nos dias em que você fez essas atividades moderadas por pelo menos 10 minutos contínuos, quanto tempo no total você gastou fazendo essas atividades por dia?
horas: _____ **Minutos:** _____

3a Em quantos dias da última semana, você realizou atividades **VIGOROSAS** por pelo menos 10 minutos contínuos, como por exemplo correr, fazer ginástica aeróbica, jogar futebol, pedalar rápido na bicicleta, jogar basquete, fazer serviços domésticos pesados em casa, no quintal ou cavoucar no jardim, carregar pesos elevados ou qualquer atividade que fez aumentar **MUITO** sua respiração ou batimentos do coração. dias _____ **por SEMANA () Nenhum**

3b Nos dias em que você fez essas atividades vigorosas por pelo menos 10 minutos contínuos quanto tempo no total você gastou fazendo essas atividades por dia?
horas: _____ **Minutos:** _____

Estas últimas questões são sobre o tempo que você permanece sentado todo dia, no trabalho, na escola ou faculdade, em casa e durante seu tempo livre. Isto inclui o tempo sentado estudando, sentado enquanto descansa, fazendo lição de casa visitando um amigo, lendo, sentado ou deitado assistindo TV. Não inclua o tempo gasto sentando durante o transporte em ônibus, trem, metrô ou carro.

4a. Quanto tempo no total você gasta sentado durante um **dia de semana**?
_____ **horas** ____ **minutos**

4b. Quanto tempo no total você gasta sentado durante em **um dia de final de semana**?
_____ **horas** ____ **minutos**

ANEXO G – Godin-Shephard Leisure-Time Physical Activity Questionnaire (GSLTPAQ)**VERSÃO BRASILEIRA DO GODIN-SHEPHARD LEISURE-TIME
PHYSICALACTIVITY QUESTIONNAIRE****(Questionário de Atividade Física de Lazer de Godin-Shephard)****INSTRUÇÕES**

Neste **Questionário de Atividade Física de Lazer de Godin-Shephard**, o indivíduo é solicitado a responderum questionário de quatro itens sobre seus hábitos de realizar exercícios durante o seu tempo de lazer.

CÁLCULOS

Para a primeira questão, as frequências semanais de atividades intensas, moderadas e leves devem ser multiplicadas por nove, cinco e três, respectivamente. A atividade de lazer semanal total é calculada em unidades arbitrárias a partir da soma dos produtos de cada componente, como apresentado na fórmula a seguir:

$$\text{Pontuação da atividade de lazer semanal} = (9 \times \text{intensa}) + (5 \times \text{moderada}) + (3 \times \text{leve})$$

A segunda questão tem por finalidade calcular a frequência de atividades de lazer semanais praticadas “por tempo suficiente para causar transpiração” (ver questionário).

EXEMPLO

Intensa = 3 vezes / semana

Moderada = 6

vezes/semana

Leve = 14 vezes

/ semana

Pontuação total de atividade de lazer = $(9 \times 3) + (5 \times 6) + (3 \times 14) = 27 + 30 + 42 = 99$

VERSÃO BRASILEIRA DO GODIN-SHEPHARD LEISURE-TIME PHYSICALACTIVITY QUESTIONNAIRE

(Questionário de Atividade Física de Lazer de Godin-Shephard adaptado à versão brasileira)

1. Durante o seu tempo livre, num período de 7 dias, quantas vezes (em média) você realiza os seguintes tipos de exercício por mais de 15 minutos?

semana

Vezes por

EXERCÍCIOS INTENSOS

(O CORAÇÃO BATE MUITO RÁPIDO)

(por exemplo, correr, jogar tênis, jogar futebol, jogar basquete, praticar judô, nadar muito rápido, andar muito rápido de bicicleta por uma longa distância)

EXERCÍCIOS MODERADOS (NÃO CANSATIVOS)

(por exemplo, fazer caminhada rápida, andar de bicicleta sem muito esforço, jogar vôlei, patinar, nadar sem muito esforço, dançar ao som de música popular ou de salão)

EXERCÍCIOS LEVES (ESFORÇO MÍNIMO)

(por exemplo, fazer alongamento, pescar à beira de um rio, caminhar com o cachorro, fazer uma caminhada leve)

2. Durante o seu tempo livre, num período de 7 dias, quantas vezes (em média) você realiza alguma atividade regular durante tempo suficiente para ficar suado (e fazer o coração bater muito rápido)?

- 1. FREQUENTEMENTE
- 2. ÀS VEZES
- 3. NUNCA/RARAMENTE