

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA, FISIOTERAPIA E DANÇA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DO MOVIMENTO
HUMANO

Lucas de Liz Alves

**FISIOMECÂNICA DA CAMINHADA DE PESSOAS COM DOENÇA DE
PARKINSON EM DIFERENTES INCLINAÇÕES**

Orientadora: Profa. Dra. Flávia Gomes Martinez

PORTO ALEGRE

2024

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA, FISIOTERAPIA E DANÇA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DO MOVIMENTO
HUMANO

Lucas de Liz Alves

**FISIOMECÂNICA DA CAMINHADA DE PESSOAS COM DOENÇA DE
PARKINSON EM DIFERENTES INCLINAÇÕES**

Dissertação de mestrado
apresentada como requisito parcial
para obtenção do título de Mestre no
Programa de Pós-Graduação em
Ciências do Movimento Humano da
Universidade Federal do Rio
Grande do Sul.

Orientadora: Profa. Dra. Flávia Gomes Martinez

PORTO ALEGRE

2024

CIP - Catalogação na Publicação

de Liz Alves, Lucas

Fisiomecânica da caminhada de pessoas com doença de Parkinson em diferentes inclinações / Lucas de Liz Alves. -- 2024.

80 f.

Orientadora: Flávia Gomez Martinez.

Coorientadora: Leonardo Alexandre Peyré Tartaruga.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Educação Física, Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano, Porto Alegre, BR-RS, 2024.

1. Doença de Parkinson . 2. Recovery pendular . 3. Coordenação intersegmentar . 4. Inclinação . 5. Caminhada. I. Gomez Martinez, Flávia, orient. II. Alexandre Peyré Tartaruga, Leonardo, coorient. III. Título.

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UFRGS com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Lucas de Liz Alves

**FISIOMECÂNICA DA CAMINHADA DE PESSOAS COM DOENÇA DE
PARKINSON EM DIFERENTES INCLINAÇÕES**

Dissertação de mestrado
apresentada como requisito parcial
para obtenção do título de Mestre no
Programa de Pós-Graduação em
Ciências do Movimento Humano da
Universidade Federal do Rio
Grande do Sul.

Dissertação defendida e aprovada em 11/12/2024

Banca Examinadora:

Profa. Dra. Flávia Gomez Martínez.

Orientadora

UFRGS

Prof. Dr. Tércio Apolinário de Souza.

UFRGS

Prof. Dr. Jansen Atier Strazulas.

UEA

Profa. Dra. Valéria Feijó Martins.

UFRGS

Agradecimentos

Desde que me conheço como ser racional e pensante, considero-me um curioso em relação ao mundo, às coisas e às pessoas. E foi essa curiosidade que me trouxe até aqui. Tem sido uma jornada incrível, com altos e baixos, reviravoltas e muitos momentos felizes. Com percalços, alegrias e inúmeros aprendizados, preciso agradecer a todos que me ajudaram até aqui, que estiveram e estão ao meu lado no mundo acadêmico, e que me ajudam a seguir firme no propósito e na minha fé: fé na educação como ferramenta de libertação e transformação de vidas.

No mundo acadêmico, ninguém faz nada sozinho, e sou muito grato a todos que estiveram ao meu lado. A parceria e contribuição de todos no caminho que trilhei são um dos melhores aprendizados que eu poderia ter recebido. É com a ajuda de todos vocês, citados aqui ou não, que esta dissertação e meu desenvolvimento como pesquisador e ser humano, foram possíveis.

Aos meus pais, que sempre me apoiaram e estiveram ao meu lado, exemplo de parceria e inspiração, que confiaram em mim e abraçaram meus projetos e sonhos — tudo fica mais fácil com pais assim. Mesmo sem entender muito o que faço na UFRGS, sempre me defenderam e apoiaram, mostrando a importância de perseguir nossos sonhos, construir um legado, ser bom e justo, aprendendo com tudo e todos. Mesmo morando em outra cidade, sempre se fizeram presentes no meu dia a dia, encurtando a distância sempre que podiam. Muito obrigado, sem vocês, nada disso seria possível.

Ao meu irmão Nicolas, com quem divido apartamento e a vida juntos longe de casa desde 2019 em Porto Alegre. Mesmo com diferenças profissionais, sempre fomos próximos e parceiros, se ajudando e apoiando nas coisas da casa e da vida. O apoio mútuo foi essencial; meu melhor amigo é meu irmão, e tenho muita sorte por isso.

A todos os meus parentes que, mesmo sem saber muito o que eu fazia, sempre me respeitaram e admiraram, celebrando (e muito) todas as nossas conquistas. Todo fim de ano com vocês é especial e torna tudo mais leve.

Aos meus amigos — sejam da saúde, TI, bicicleta/corrida ou das festinhas ocasionais — todos vocês foram importantes ao me apoiar na busca deste sonho, ajudando-me a aproveitar e relaxar, a perceber que a vida merece ser

vivida dentro e fora da nossa profissão. Sou muito grato pela rede de amigos que construí em Porto Alegre; vocês fazem parte disso.

À minha família de escolha, com quem convivo desde 2018, quando me aproximei da linha de pesquisa e das pessoas com quem trabalho hoje. O Centro Natatório da ESEFID tem sido minha segunda casa desde então, e sou muito grato a todos que estiveram comigo até aqui.

Ao André, meu irmão na UFRGS. Desde que me interessei por pesquisa, você foi fonte de inspiração e guia no mundo acadêmico. Obrigado por abraçar minhas ideias, buscar soluções juntos, trabalhar em equipe e me apoiar nos melhores e piores momentos. Desde que comecei no mundo acadêmico, lendo aqueles sinais de EMG no SAD32, tu tens me ensinado e me guiado no caminho da excelência, ter você como exemplo, é realmente um privilégio. Dividimos tarefas, aulas, trabalhos, moradia, viagens, café e pizza. Este trabalho conta com sua orientação e ajuda desde o início até as revisões em tempo recorde. Quando eu estava triste ou desesperançoso, você me ajudou e me deu a mão, espero caminhar contigo rumo à docência. Obrigado por tudo, André.

Ao Edílson, que chegou a Porto Alegre e se encaixou perfeitamente no grupo de pesquisa e nas nossas vidas. Sem dúvida, você foi uma das pessoas mais importantes que conheci durante o mestrado. Com você, alinhei muitos aspectos desta dissertação, aprendi sobre a prática de laboratório e como é importante estar no laboratório, você me ensinou a fazer coletas com segurança e excelência. Sua animação fez toda a diferença. Sem você e o André, meu trabalho não teria o mesmo nível de profundidade nos parâmetros calculados; vocês são meus exemplos na carreira científica.

À Bruna H., que entrou comigo em 2018 no mundo da pesquisa e foi minha parceira no GPCOMFA. Você tornou a fase inicial mais leve e divertida. Desde 2023, com seu retorno ao mestrado, aprendo cada dia mais sobre responsabilidade e empatia. Sua abordagem humanizada com pacientes e alunos é exemplar. Obrigado por me ensinar o significado disso todos os dias.

Aos três grupos aos quais estou vinculado na UFRGS:

Primeiramente, ao GPCOMFA, meu primeiro grupo e experiência acadêmica, onde a parceria e horizontalidade reinam. Aprendi que o sucesso individual é coletivo — todos por todos.

Ao Locomotion, onde descobri minha paixão por estudar a locomoção. Se hoje sou entusiasta em pesquisar caminhada e corrida, é graças a tudo que aprendi com vocês.

E ao CREM, com quem aprendi o significado verdadeiro de trabalho em equipe e a importância das diversas áreas que cada professor agrega. Todos contribuem com o objetivo comum de estudar o processo de envelhecimento saudável. É um prazer enorme aprender com todos vocês. Obrigado por esses momentos.

Por fim, agradeço a duas pessoas muito importantes nesta trajetória:

Ao professor Leonardo. Era para o senhor estar presidindo esta banca e conduzindo este trabalho comigo, mas os caminhos o levaram a voos maiores. Agradeço por tudo que me proporcionou neste mestrado. Com o senhor, aprendi que podemos ser pesquisadores de nível internacional, que conexões pessoais são mais importantes que laboratórios e que boas relações nos levam longe. Obrigado por me instigar a ser mais curioso e a produzir pesquisa com excelência.

E à professora Flávia, minha mentora/mãe na UFRGS desde 2018. Não consigo expressar a importância da senhora na minha vida acadêmica e profissional. Quando chegar à docência, terei aprendido com a melhor professora com quem já trabalhei. Obrigado por apoiar minhas ideias, acreditar em nosso potencial e impulsionar minha formação e a de tantos colegas. É um privilégio ter sido seu orientando de TCC e agora finalizar esta dissertação juntos. Tenho muito orgulho de sermos parceiros neste projeto. Muito obrigado por tudo.

Com todo meu carinho, amor e lágrimas por cada um de vocês,
Lucas de Liz Alves

*“The act of walking, so simple yet so profound,
carries within it the essence of human adaptation and resilience.”*

Jacquelin Perry,

Gait analysis: normal and pathological functions. 1992

RESUMO

Introdução: A doença de Parkinson (DP) é uma condição neurodegenerativa que afeta a caminhada, o equilíbrio dinâmico e a coordenação intersegmentar. Embora existam diversos estudos que analisam a caminhada em sujeitos com DP, as adaptações biomecânicas e de coordenação durante a caminhada em inclinações ainda são pouco compreendidas. Este trabalho está dividido em dois estudos. O primeiro (Estudo A) teve como objetivo avaliar os efeitos de inclinações e velocidades na biomecânica da caminhada, com ênfase no *recovery* pendular, trabalho mecânico, parâmetros espaçotemporais e amplitude de movimento articular (ADM) dos membros inferiores. O segundo (Estudo B) investigou ~~o~~ os efeitos de diferentes inclinações e velocidades sobre a coordenação intersegmentar por meio da *Continuous Relative Phase* (CRP). **Métodos:** No Estudo A, oito participantes diagnosticados com DP em estágio < III de Hoehn e Yahr realizaram caminhadas em esteira em três inclinações (0%, 5% e 10%) a duas velocidades (1 km/h e 3 km/h). Os dados cinemáticos foram coletados utilizando o sistema OpenCap para medir *recovery* pendular, trabalho mecânico, parâmetros espaçotemporais e ADM. A análise estatística incluiu ANOVA de medidas repetidas e *Statistical Parametric Mapping* (SPM). No Estudo B, os dados foram utilizados para a avaliação do CRP dos segmentos dos membros inferiores. Dados cinemáticos coletados pelo sistema OpenCap permitiram a análise de parâmetros espaçotemporais e da coordenação intersegmentar. **Resultados:** Os resultados do estudo A indicaram que o *recovery* pendular diminuiu com o aumento da inclinação e velocidade, refletindo maior demanda mecânica. O comprimento e o tempo da passada reduziram em inclinações mais altas, enquanto o tempo de contato com o solo aumentou. As ADMs do tornozelo e do quadril foram particularmente sensíveis às mudanças, destacando a necessidade de maior amplitude para vencer os aclives. Alterações nos ângulos articulares em subfases específicas da caminhada foram observadas por meio do SPM, com maior flexão do joelho e do quadril, além de aumento da dorsiflexão do tornozelo em inclinações mais elevadas. No estudo B, os resultados mostraram que o aumento da inclinação resultou em amplitudes reduzidas e maiores desvios de fase entre os segmentos

articulares, indicando padrões de caminhada mais rígidos. Adaptações na coordenação, caracterizadas por maior rigidez e alterações nos padrões intersegmentares sugerem estratégias compensatórias, adotadas para manter o equilíbrio dinâmico em inclinações. Esses achados sugerem que inclinações desafiam a mecânica da caminhada de sujeitos com DP, reforçando a importância de intervenções específicas para melhorar sua mobilidade.

Conclusão: De forma geral, a inclinação e a velocidade influenciam significativamente a biomecânica e a coordenação da caminhada em indivíduos com DP. O Estudo A destacou adaptações mecânicas e articulares para lidar com maiores inclinações, enquanto o Estudo B evidenciou padrões de caminhada mais rígidos e alterações na coordenação intersegmentar. Esses resultados reforçam a necessidade de intervenções específicas para melhorar o equilíbrio, a mobilidade e a funcionalidade na caminhada de sujeitos com DP, especialmente em superfícies inclinadas.

Palavras-chave: Doença de Parkinson; Recovery pendular; caminhada, coordenação intersegmentar; inclinação.

ABSTRACT

Introduction: Parkinson's disease (PD) is a neurodegenerative condition affecting gait, dynamic balance, and intersegmental coordination. Although numerous studies have analyzed gait in individuals with PD, the biomechanical and coordination adaptations during inclined walking remain poorly understood. This study was divided into two parts. The first (Study A) aimed to evaluate the effects of inclination and walking speed on gait biomechanics, focusing on pendular recovery, mechanical work, spatiotemporal parameters, and range of motion (ROM) of the lower limbs. The second (Study B) investigated how different inclines and speeds affect intersegmental coordination by using a Continuous Relative Phase (CRP). **Methods:** In Study A, eight participants diagnosed with PD at Hoehn and Yahr stage < III performed treadmill walking trials at three inclines (0%, 5%, and 10%) and two speeds (1 km/h and 3 km/h). Kinematic data were collected using the OpenCap system to assess the pendular recovery, mechanical work, spatiotemporal parameters, and ROM. Statistical analyses included repeated measures analysis of variance (ANOVA) and statistical parametric mapping (SPM). In Study B, CRP levels in the lower limb segments were assessed in the same participants. Kinematic data collected using the OpenCap system enabled analysis of spatiotemporal parameters and intersegmental coordination. Repeated measures ANOVA was used for statistical analysis. **Results:** The results of Study A indicated that pendular recovery significantly decreased with increasing inclination and speed, reflecting higher mechanical demands. Stride length and time were reduced at steeper slopes, whereas ground contact time increased. Ankle and hip ROM were particularly sensitive to changes, emphasizing the need for greater joint flexibility. Specific joint angle changes during gait subphases were observed through SPM, showing greater knee and hip flexion and increased ankle dorsiflexion at higher inclines. In Study B, the results showed that an increased incline resulted in reduced CRP amplitudes and greater phase shifts between joint segments, indicating more rigid gait patterns. Coordination adaptations, characterized by increased rigidity and altered intersegmental patterns, suggest compensatory strategies to maintain dynamic balance on inclines. These findings suggest that inclined

walking challenges gait mechanics in individuals with PD, highlighting the importance of specific interventions for improving mobility. **Conclusion:** Overall, inclination and speed significantly influenced the biomechanics and coordination of gait in individuals with PD. The Study A highlighted the mechanical and joint adaptations required to manage steeper inclines, while the Study B revealed more rigid gait patterns and altered inter-segmental coordination. These findings reinforce the need for targeted interventions to improve balance, mobility, and functionality during walking, particularly on inclined surfaces, in individuals with PD.

Keywords: Parkinson's disease; Pendular recovery; Walking, Intersegmental coordination; Incline.

Sumário

AGRADECIMENTOS	5
RESUMO.....	9
ABSTRACT	11
LISTA DE ABREVIACÕES	15
APRESENTAÇÃO DA DISSERTAÇÃO	17
CAPÍTULO I.....	18
1. INTRODUÇÃO	18
2. PROBLEMA DE PESQUISA	20
2.1. ESTUDO A	20
2.2. ESTUDO B	21
2.3. DEFINIÇÃO OPERACIONAL DAS VARIÁVEIS.....	22
CAPÍTULO II.....	24
1. REVISÃO DA LITERATURA	24
1.1. Parâmetros espaçotemporais da caminhada.....	24
1.2. Parâmetros mecânicos da caminhada.....	27
1.3. Caminhada em inclinação.....	29
1.4. Caminhada de sujeitos com Parkinson e a inclinação.....	30
CAPÍTULO V.....	34
CONSIDERAÇÕES FINAIS	34
REFERÊNCIAS GERAIS.....	37
RELATÓRIO DE ATIVIDADES DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO	47
ENSINO.....	47
Experiência de ensino na graduação:.....	47
Apresentação de trabalhos:.....	47
PESQUISA:.....	48
Participação em projetos de pesquisa:	48
Artigos científicos aceitos para publicação:.....	48
Artigos científicos submetidos para publicação:	49
EXTENSÃO:	49
Participação em projetos de extensão:	49
APÊNDICE I.....	50
TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO	50
APÊNDICE II.....	53
ROTINA DE CÁLCULO DAS VARIÁVEIS, RESULTADOS AGRUPADOS POR ARTIGOS E PLANILHAS DE DADOS CALCULÁDOS:	53

LISTA DE ABREVIATÖES

- %Cong** Percentual de congruência
- AVDs** Atividades de vida diária
- CP** Comprimento de passada
- CREM** Centro de referência em envelhecimento e movimento
- CRP** *Continuous relative phase*
- CoM** Centro de massa
- DP** Doença de Parkinson
- EC** Energia cinética
- EP** Energia potencial
- ESEFID** Escola Superior de Educação Física, Fisioterapia e Dança
- FP** frequência de passada
- H&Y** Hoehn & Yahr
- PD** *Parkinson Disease*
- ROM** *Range of motion*
- SPM** *Statistical Parametric Mapping*
- Ta** Tempo de apoio
- UPDRS** *Unified Parkinson's Disease Rating Scale*
- UPDRS-III** *Unified Parkinson's Disease Rating Scale – motor part III*
- VAS** Velocidade autosselecionada
- VOC** Velocidade ótima de caminhada
- Wext** Trabalho Externo
- Wf** Trabalho horizontal
- Wmec** Trabalho mecânico

Wtot *Total work*

Wv Trabalho Vertical

Wvert Trabalho Vertical

APRESENTAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

A presente dissertação descreve os resultados de dois estudos científicos produzidos durante o percurso do Mestrado em Ciências do Movimento Humano, na linha de Atividade física e Performance, de Lucas de Liz Alves, orientando da professora Dra. Flávia Gomes Martinez. Este estudo está de acordo com as Diretrizes e Normas Regulamentadoras de Pesquisas envolvendo seres humanos, seguindo os preceitos éticos do regimento interno de 2020 do Comitê de Ética em Pesquisa da UFRGS. A dissertação final sofreu alterações do seu projeto aprovado na qualificação, devido a dificuldades de utilização do Sistema VICON disponível para a coleta, que contava com câmeras estragadas e descalibradas, aliando à dificuldade de associar o uso das duas tecnologias avaliativas, conforme estava descrito na dissertação qualificada. Focamos apenas em um método de avaliação, o OpenCap, que foi validado por outros pesquisadores recentemente. Tais alterações foram acordadas com o orientador da época, o professor Leonardo Alexandre Peyré Tartaruga. A banca foi contatada por e-mail e consentiu as alterações, em janeiro de 2024, quando se deram as coletas.

Essa dissertação está dividida em 5 capítulos, sendo eles distribuídos da seguinte forma: Capítulo I: se faz uma breve introdução ao tema, com definição do objetivo geral, caracterização dos estudos e das variáveis. Capítulo II: é apresentada uma revisão de literatura dividida por temas relacionados aos trabalhos apresentados. Capítulo III: apresentação do artigo A. Capítulo IV: apresentação do artigo B. Capítulo V: considerações finais, referências gerais e anexos.

CAPÍTULO I

1. INTRODUÇÃO

A doença de Parkinson (DP) é uma doença neurodegenerativa progressiva que afeta os núcleos da base, particularmente a substância *nigra pars compacta*, levando à perda significativa de neurônios produtores de dopamina. Essa deficiência de dopamina resulta em sintomas motores como tremor em repouso, rigidez, bradicinesia e instabilidade postural, que se agravam com o tempo (Hoehn, Yahr, 1967; Simon, Tanner, Brundin, 2020). No Brasil, estima-se que existam aproximadamente 220.000 indivíduos com DP, com prevalência crescente em faixas etárias mais avançadas. No Rio Grande do Sul, a taxa de mortalidade por DP é a mais alta do país, atingindo 39,87 por 100 mil habitantes, refletindo o envelhecimento populacional acelerado na região (Vasconcellos; Rizzotto; Taglietti, 2023). Além dos sintomas motores, pacientes com DP também apresentam sintomas não motores, como depressão, comprometimento de memória e disfunções gastrointestinais, o que afeta ainda mais sua qualidade de vida (Ebersbach *et al.*, 2013). Embora não haja cura para a DP, os tratamentos focam no manejo dos sintomas por meio de terapias farmacológicas, como a reposição de dopamina e não-farmacológicas, como a reabilitação física (Joseph, 2023).

Entre os sintomas motores, a bradicinesia, a rigidez e a instabilidade postural têm impacto expressivo na caminhada e na mobilidade. A bradicinesia, ou redução da velocidade e a amplitude dos movimentos, resulta em uma caminhada com comprimento de passada diminuído. Além disso, há dificuldades para iniciar o movimento (Burtscher *et al.*, 2024; Casal *et al.*, 2021). A rigidez compromete a fluidez do movimento dos membros e do tronco, enquanto a instabilidade postural aumenta o risco de quedas e agrava as dificuldades de caminhada, principalmente em estágios mais avançados da doença (Monteiro *et al.*, 2017). Estudos biomecânicos apontam que indivíduos com DP apresentam alterações nos parâmetros espaçotemporais da caminhada, como redução do comprimento do passo, da velocidade de caminhada e aumento da cadência (Zanardi *et al.*, 2021). Essas dificuldades são acentuadas quando as condições

ambientais requerem ajustes motores mais complexos, como em superfícies inclinadas (Boonstra; Schouten; Van Der Kooij, 2013).

Caminhar em superfícies inclinadas impõe desafios biomecânicos adicionais aos indivíduos com DP, devido à necessidade de aumento da flexão dos joelhos e quadris, bem como da dorsiflexão do tornozelo, para vencer a gravidade e manter a estabilidade (Lay; Hass; Gregor, 2006). Tais desafios biomecânicos exigem uma maior ativação muscular, aumentando a carga mecânica e o risco de instabilidade, o que torna a caminhada em inclinações particularmente desafiadora para pacientes com DP (Hamill; Haddad; McDermott, 2000).

No contexto da caminhada em superfícies inclinadas, a análise da Fase Relativa Contínua (CRP, do inglês *Continuous Relative Phase*) é uma ferramenta importante para avaliar a coordenação intersegmentar durante o ciclo de caminhada. O CRP permite identificar alterações na sincronia entre articulações, proporcionando uma compreensão mais aprofundada das estratégias compensatórias utilizadas pelos indivíduos com DP para se adaptar a diferentes demandas motoras (Lukšys *et al.*, 2021). Estudos indicam que a coordenação intersegmentar se torna mais restrita à medida que a inclinação aumenta, com um padrão de caminhada mais rígido em resposta aos desafios do ambiente de locomoção (Robbins *et al.*, 2024).

Outro aspecto relevante é o impacto das inclinações sobre a recuperação pendular e o trabalho mecânico da caminhada. A recuperação pendular, que representa a eficiência do movimento pendular do centro de massa (CoM), tende a ser prejudicada em superfícies inclinadas devido ao aumento do trabalho mecânico externo necessário para superar a resistência gravitacional (Gomeñuka *et al.*, 2016). As inclinações também afetam os parâmetros espaçotemporais, reduzindo o comprimento de passo e o tempo de contato, além de aumentar a frequência de passada, como forma de adaptação para manter a estabilidade e evitar quedas (Paul *et al.*, 2016).

Indivíduos com DP apresentam comprometimentos significativos na função motora, resultando em dificuldades de mobilidade, que são exacerbadas em situações que exigem ajustes motores complexos, como o caminhar em

superfícies inclinadas. Portanto, compreender como a DP afeta a mecânica da caminhada em diferentes inclinações e velocidades é essencial para o desenvolvimento de estratégias de reabilitação mais eficazes, capazes de melhorar a coordenação motora, a estabilidade postural e a eficiência de recuperação pendular durante a locomoção. As evidências fornecidas pelos estudos sobre CRP e recuperação pendular oferecem informações para intervenções que busquem aprimorar a capacidade de adaptação de pessoas com DP aos desafios impostos por superfícies inclinadas.

Embora existam estudos sobre as alterações biomecânicas gerais na caminhada de pessoas com DP, há uma lacuna na compreensão detalhada dos efeitos específicos das inclinações e velocidades sobre a recuperação pendular e a coordenação entre os segmentos dos membros inferiores. Diante do exposto, a questão de pesquisa central deste estudo consiste em observar a mecânica da caminhada em condições de inclinação e velocidades variadas em pessoas com doença de Parkinson (DP), considerando tanto a recuperação pendular quanto a coordenação intersegmentar durante o ciclo da caminhada..

2. PROBLEMA DE PESQUISA

O presente estudo busca responder à seguinte questão de pesquisa: como as diferentes inclinações e velocidades de caminhada influenciam a mecânica da caminhada, incluindo a recuperação pendular e a coordenação intersegmentar, em indivíduos com DP? Para responder a essa questão, foram realizados dois estudos. O Estudo A foca no efeito da inclinação e da velocidade sobre a recuperação pendular e o trabalho mecânico durante a caminhada, enquanto o Estudo B analisa a coordenação intersegmentar por meio da análise da Fase Relativa Contínua (CRP) em diferentes inclinações e velocidades.

2.1. ESTUDO A

2.1.1. Objetivo Geral do Estudo A

O Estudo A tem como objetivo investigar os efeitos da inclinação sobre a recuperação pendular e o trabalho mecânico durante a caminhada de indivíduos com DP.

2.1.1.1. Objetivos Específicos Estudo A

- Analisar o efeito de duas velocidades distintas de caminhada (1 km/h e 3 km/h) e em inclinações positivas de 0%, 5% e 10%.. sobre a recuperação pendular da caminhada de pessoas com DP
- Avaliar o trabalho mecânico realizado durante a caminhada de pessoas com DP em duas velocidades distintas (1 km/h e 3 km/h) e em inclinações positivas de 0%, 5% e 10%.
- Avaliar parâmetros espaçotemporais e angulares durante a caminhada de pessoas com DP em inclinações positivas em duas velocidades distintas de caminhada (1 km/h e 3 km/h) e em inclinações positivas de 0%, 5% e 10%.

2.2. ESTUDO B

2.2.1. Objetivo Estudo B

O Estudo B tem como objetivo analisar a coordenação intersegmentar por meio da análise do Fase Relativa Contínua (CRP) em diferentes inclinações e velocidades de caminhada em indivíduos com DP.

2.2.1.1. Objetivos Específicos Estudo B

- Avaliar os efeitos de diferentes inclinações durante a caminhada sobre a coordenação intersegmentar dos membros inferiores de pessoas com DP.
- Comparar a coordenação intersegmentar de pessoas com DP durante a caminhada em duas velocidades distintas (1 km/h e 3 km/h) e em inclinações positivas de 0%, 5% e 10%.

2.3. DEFINIÇÃO OPERACIONAL DAS VARIÁVEIS

2.3.1. Variáveis Independentes

- Inclinação da superfície: representa o ângulo do terreno em relação à horizontal em que os participantes caminham. As inclinações utilizadas foram de 0%, 5% e 10%, sendo medidas em percentual positivo para superfícies inclinadas.
- Velocidade da caminhada: refere-se à velocidade com que o indivíduo realiza a caminhada durante os testes. As velocidades foram de 1 km/h e 3 km/h.

2.3.2. Variáveis Dependentes

- Recuperação pendular: medida da eficiência do movimento pendular dos membros em relação ao centro de massa durante o ciclo da caminhada. A recuperação pendular é calculada a partir da relação entre o trabalho cinético e potencial gravitacional.
- Coordenação intersegmentar (Fase Relativa Contínua - CRP): avalia a sincronia dos segmentos dos membros inferiores durante o ciclo da caminhada, representando a interação entre segmentos como coxa, perna e pé.
- Trabalho mecânico: refere-se a medida da energia necessária para mover um corpo em uma determinada direção, considerando as forças aplicadas e o deslocamento. Inclui trabalho horizontal, vertical e externo.

2.3.3. Variáveis Intervenientes

- Sintomas da doença de Parkinson: incluem a presença e intensidade de sintomas como rigidez, bradicinesia e tremor, que podem afetar a caminhada e a coordenação motora dos indivíduos durante o experimento.

- Fadiga: nível de cansaço que pode influenciar no desempenho dos indivíduos durante a caminhada, principalmente em superfícies inclinadas.
- Uso de medicamentos: tempo de ação de medicação antiparkinsoniana e efeitos de outros medicamentos que possam afetar o desempenho motor dos indivíduos com DP.

2.3.4. Variáveis de Caracterização da Amostra

- Idade: idade dos participantes, em anos completos.
- Gênero: masculino ou feminino.
- Tempo de diagnóstico da doença de Parkinson: tempo decorrido desde o diagnóstico da doença, em anos.
- Massa e estatura: medidas antropométricas dos participantes.

CAPÍTULO II

1. REVISÃO DA LITERATURA

1.1. Parâmetros espaçotemporais da caminhada.

A caminhada desempenhou um papel fundamental no desenvolvimento da sociedade humana desde os seus primórdios. Além de ser um meio de locomoção, a caminhada bípede, com o auxílio dos membros superiores, permitiu ao ser humano realizar tarefas como carregar objetos e manusear instrumentos (McHenry, 1982). Caminhar também é uma importante estratégia de exercício físico, utilizada para o tratamento de diversas patologias, contribuindo para o manejo da massa corporal e a melhora de capacidade de carga do sistema cardiovascular (Kelly; Murphy; Mutrie, 2017).

O movimento da caminhada é um dos atos e manifestação de controle motor mais antigos da humanidade (Perc, 2005). Envolve diferentes níveis de atuação do sistema nervoso central e da musculatura, exigindo mecanismos biomecânicos e de controle motor para coordenar o padrão de movimento (Sutherland, 2002). A caminhada pode ser descrita em termos espaçotemporais, sendo composta por duas fases principais: a fase de apoio e a fase de balanço. A fase de apoio corresponde a aproximadamente 60% do ciclo da caminhada, enquanto a fase de balanço ocupa cerca de 40% do ciclo. Em velocidades mais altas, essa proporção tende a se inverter (Hughes; Jacobs, 1979).

A fase de apoio pode ser subdividida em cinco eventos: apoio inicial, resposta à carga, apoio médio, apoio terminal e pré-balanço. Esses eventos têm como objetivo absorver o impacto, garantir a estabilidade inicial do membro, suportar o peso corporal e manter a progressão do movimento (Perry; Burnfield, 2010). Já a fase de balanço é composta por três eventos: balanço inicial, balanço médio e balanço terminal, responsáveis por acelerar o pé à frente, desacelerá-lo e prepará-lo para o próximo ciclo de apoio (Hughes; Jacobs, 1979). O período de duplo apoio, que ocorre quando ambos os pés estão em contato com o solo, é fundamental para a estabilidade durante a caminhada (figura 1).

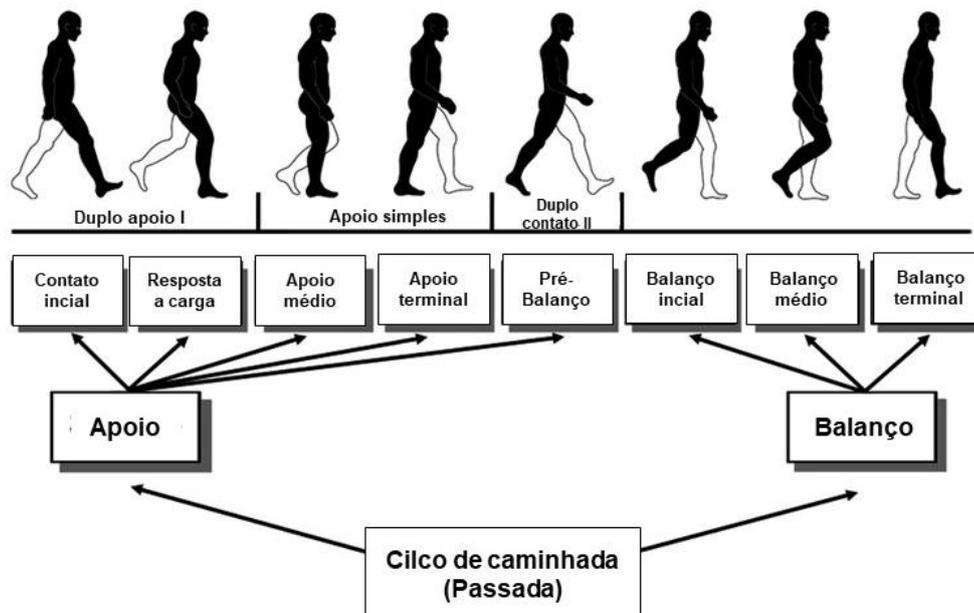


Figura 1 – Representação esquemática das fases e subfases de um ciclo de passada da caminhada humana. Fonte: Stöcker et al., 2015

Diversos fatores podem influenciar os parâmetros espaçotemporais da caminhada, como idade, força muscular, amplitude de movimento, velocidade e aptidão física (Yuan *et al.*, 2015). Esses fatores impactam variáveis como comprimento do passo (CP), cadência (FP), velocidade da caminhada, tempo de apoio (Ta) e largura do passo (Kuo, 2007). Em indivíduos saudáveis, a velocidade de caminhada autosselecionada varia entre 5 e 5,3 km/h, com um comprimento de passada entre 1,33 e 1,63 metros e uma cadência entre 107 e 125 passos por minuto (Palmer; Epler; Adams, 1998).

Em condições patológicas, como a doença de Parkinson, esses parâmetros podem ser alterados significativamente. A revisão de Monteiro et al. (2017) demonstrou que pessoas com DP apresentam um aumento do tempo de duplo apoio, redução do comprimento do passo e da velocidade da caminhada, além de maior variabilidade interpasso. Essas alterações estão associadas a um risco ampliado de quedas, o que é um fator de incapacidade e morbidade no público de idosos e pessoas com DP. Além disso, uma revisão sistemática de Creaby e Cole (2018) mostrou que pessoas com DP apresentam uma maior variabilidade espaçotemporal durante a caminhada em comparação a indivíduos saudáveis,

devido aos déficits motores que ultrapassam os efeitos do envelhecimento (Creaby; Cole, 2018).

Em uma revisão sistemática de 95 estudos, foram observadas diferenças significativas nos parâmetros espaçotemporais da caminhada entre indivíduos saudáveis e pessoas com DP, incluindo variáveis como velocidade da caminhada, cadência, comprimento do passo, tempo de balanço e tempo de duplo apoio. (Bouça-Machado *et al.*, 2020). Os parâmetros mais prejudicados pela DP, e que estão associados a um maior risco de quedas, incluem menor velocidade, cadência, comprimento do passo e comprimento do ciclo (Creaby; Cole, 2018). Essas alterações afetam diretamente a capacidade de realizar atividades da vida diária (Amaral-Felipe *et al.*, 2017), sendo a velocidade de caminhada um importante preditor de mobilidade e funcionalidade para pessoas com DP.

Estudos como o de Zanardi *et al.* (2021) apontam que, além dos parâmetros espaço-temporais, variáveis angulares também são afetadas pela DP. Indivíduos com DP apresentam menor amplitude de movimento do quadril e maior tempo de suporte duplo, em comparação a indivíduos saudáveis. O treinamento de caminhada, especialmente em inclinações variadas e com suporte de peso, mostrou ser uma estratégia eficaz para melhorar os parâmetros biomecânicos da caminhada em pacientes com DP (Nadeau; Pourcher; Corbeil, 2014).

Além dos parâmetros espaçotemporais, as medidas angulares são importantes para caracterizar a caminhada. A redução da amplitude de movimento do quadril em pessoas com DP leva a compensações no joelho e no tornozelo, o que pode aumentar o gasto energético e afetar a eficiência do movimento (Dipaola *et al.*, 2016). Tais características reforçam a importância de intervenções direcionadas ao treinamento de caminhada e exercícios físicos para melhorar a qualidade da locomoção em indivíduos com DP (Simon; Tanner; Brundin, 2020).

1.2. Parâmetros mecânicos da caminhada.

Durante a caminhada, ocorrem alterações mecânicas na transferência de energia entre os diferentes componentes do nosso corpo. Esse processo é caracterizado pela alternância entre energia cinética (EC) e energia potencial (EP) do centro de massa (CoM) ao longo do ciclo de caminhada. No ponto mais alto do CoM, a EP atinge seu valor máximo enquanto a EC está em seu mínimo. Inversamente, no ponto mais baixo do CoM, a EC é máxima e a EP é mínima (Saibene; Minetti, 2003). Esse mecanismo permite uma minimização do custo energético, resultando em um gasto apenas 50% maior do que o gasto energético em repouso (Saibene & Minetti, 2003). A interação do corpo com o solo também determina o trabalho total (W_{tot}) necessário para a manutenção da locomoção, sendo a soma de trabalho externo (W_{ext}) e trabalho interno (W_{int}), com relações com o trabalho vertical (W_v) para superar a gravidade, e o trabalho horizontal (W_f) para a aceleração do corpo (Cavagna; Kaneko, 1977).

O movimento do CoM durante a caminhada pode ser comparado ao balanço de um pêndulo invertido ou ao movimento de um ovo rolando. A energia que os músculos precisam fornecer para manter o CoM em movimento é reduzida pelo aumento da troca entre EP e EC. Esse processo depende da relação de fase entre EC e EP durante a caminhada, da magnitude relativa entre ambas e do grau de simetria na sua troca (Cavagna; Margaria, 1966). A relação de fase entre EC e EP pode ser analisada por meio de ângulos de deslocamento de fase, onde valores de 0° ou 180° indicam que as energias estão fora de fase, ou seja, o pico máximo de EC coincide com o ponto mínimo de EP. Além disso, o grau de simetria pode ser mensurado através da congruência percentual (%Cong), sendo o modelo ideal de valores próximos a 0% na caminhada (Cavagna; Thys; Zamboni, 1976).

Quando há alternância de EC e EP fora de fase, suas proporções se aproximam, resultando em uma redução na necessidade de energia adicional dos músculos para manter o CoM em movimento. Dessa forma, o trabalho necessário para manter a velocidade constante da caminhada estará relacionado com as flutuações das trocas entre EC e EP, como descrito por

Willems, Cavagna e Heglund (1995). Qualquer variação nessas trocas impacta diretamente no custo de locomoção (Willems; Cavagna; Heglund, 1995).

O estudo conduzido por Cavagna, Thys e Zamboni (1976) investigou homens jovens saudáveis em plataformas de força em velocidades entre 2 e 7 km/h, e constatou que a quantidade de trabalho mecânico realizado está correlacionada com a velocidade da caminhada. Em velocidades intermediárias, entre 4 e 5 km/h, a quantidade mínima de W_{ext} por unidade de distância é alcançada, quando W_v e W_f se igualam, resultando em um deslocamento de fase de 0° , indicando um troca ideal entre EC e EP. Em velocidades mais baixas (por volta de 2 km/h) ou mais altas (cerca de 7 km/h), ocorrem mudanças nesse padrão, aumentando o W_{ext} necessário.

Parâmetros mecânicos são fundamentais para compreender a eficiência da locomoção e o custo energético associado à caminhada, principalmente em contextos de reabilitação e melhora de condições patológicas. Conhecer esses parâmetros permite a determinação da velocidade ideal para que a caminhada seja utilizada como exercício terapêutico, buscando a eficiência energética (Peyré-Tartaruga; Coertjens, 2018).

O gasto energético relacionado à mecânica da caminhada tem sido amplamente estudado (Minetti; Ardigo; Saibene, 1994; Minetti et al., 2002; Peyré-Tartaruga et al., 2021; Saibene; Minetti, 2003). Esses estudos apontaram a relação entre a potência metabólica e o custo de locomoção, observando que a modulação dos mecanismos de controle motor visa manter o gasto energético o mais econômico possível. Zarrugh; Todd; Ralston, (1974) identificaram que variáveis como cadência (FP) e comprimento do passo (CP) estão diretamente correlacionadas ao gasto energético, influenciando a eficiência da caminhada em adultos saudáveis.

Quando se observa a população com doença de Parkinson sob a luz da fisiomecânica, as alterações no padrão de caminhada tornam-se evidentes, como demonstrado em diversos estudos (Gomeñuka et al., 2020; Leal-Nascimento et al., 2022; Zanardi et al., 2019). Foi identificado que o trabalho vertical (W_{vert}) e o trabalho anteroposterior (W_f) dos indivíduos com DP são maiores quando comparados a indivíduos saudáveis durante a caminhada livre

em superfície plana, o que apresenta maior gasto energético de caminhada em pacientes com DP. Nesse contexto, é importante compreender o efeito das inclinações sobre variáveis da caminhada em pessoas sem e com DP, contribuindo para o entendimento dos mecanismos envolvidos na doença face à mobilidade e funcionalidade dessa população.

1.3. Caminhada em inclinação

Em ambientes inclinados, o custo energético da caminhada é mais alto do que em terrenos planos (Alexander; Schwameder, 2016). Sabe-se que, em humanos, o custo energético por unidade de distância percorrida é minimizado em uma velocidade intermediária, conhecida como velocidade ótima de caminhada (VOC). No entanto, a compreensão da VOC em terrenos inclinados ainda é limitada (Gomeñuka *et al.*, 2014, 2016). Segundo Margaria *et al.* (1938), a inclinação do terreno afeta diretamente o custo da locomoção. O comportamento pendular do CoM também é alterado durante a caminhada em terrenos inclinados, resultando em um deslocamento do CoM à frente do ponto de contato do pé, sugerindo um modelo de compasso, no qual o trabalho externo (W_{ext}) é maior durante a fase de duplo apoio (Dewolf *et al.*, 2017a).

A inclinação do terreno gera mudanças posturais e demandas neuromusculares. Durante a caminhada em inclinação positiva, o indivíduo tende a inclinar o tronco à frente para auxiliar na propulsão, exigindo ajustes no alinhamento pélvico e do tronco para contrabalançar a ação da gravidade. Essas alterações incluem diminuição do comprimento do passo (CP) e maior flexão dos quadris, joelhos e tornozelos durante a fase inicial de apoio do ciclo de caminhada (Leroux; Fung; Barbeau, 2002). O membro inferior adota uma estratégia conhecida como "*roll over shape*", na qual as articulações do tornozelo, joelho e pé se ajustam para manter o movimento. O tornozelo apresenta uma maior dorsiflexão, enquanto o joelho e o quadril exibem maior flexão durante o ciclo de caminhada (Hansen; Childress; Miff, 2004).

Minetti, Ardigo e Saibene (1993, 1994) investigaram o trabalho mecânico (W_{mec}) durante a caminhada e a corrida em terrenos inclinados. Foi observado

que a eficiência é maior em declives de 10 a 15 graus, sendo a otimização energética mais evidente em inclinações moderadas. Entretanto, em inclinações extremas ($\pm 25\%$), o mecanismo pendular não atua adequadamente. Durante a caminhada em inclinações positivas, não há W_{mec} negativo, enquanto em declives, o W_{mec} positivo é observado em inclinações maiores (Minetti; Ardigo; Saibene, 1994).

Durante a caminhada em terrenos planos, o CoM do corpo humano eleva-se em média 4,4 cm na primeira metade da fase de apoio e desce igualmente 4,4 cm na segunda metade (Perc, 2005). Em terrenos inclinados, no entanto, essa dinâmica muda. Em uma inclinação descendente de -9° , a altura do CoM eleva-se apenas 1,5 cm e desce 8,7 cm, enquanto em uma subida de $+9^\circ$, o CoM eleva-se 9,2 cm e desce somente 1,8 cm (Dewolf *et al.*, 2021). Essas variações indicam um padrão assimétrico na oscilação da energia potencial gravitacional do CoM em terrenos inclinados, com maior eficiência energética durante descidas moderadas e menor eficiência em subidas (Gottschall; Nichols, 2011).

1.4. Caminhada de sujeitos com Parkinson e a inclinação.

A doença de Parkinson (DP) é uma condição neurodegenerativa que afeta significativamente o controle motor e a locomoção dos indivíduos. Pacientes com DP apresentam comprometimentos motores, como bradicinesia, rigidez e tremor, que prejudicam a qualidade da caminhada e aumentam o risco de quedas (Monteiro *et al.*, 2017; Zanardi *et al.*, 2021). Além disso, esses pacientes apresentam alterações nos parâmetros espaçotemporais da caminhada, incluindo aumento do tempo de duplo apoio, redução do comprimento do passo (CP) e diminuição da velocidade de caminhada, o que compromete a estabilidade e eficiência da locomoção (Bouça-Machado *et al.*, 2020; Siragy; Nantel, 2018). A caminhada em pacientes com DP também apresenta maior variabilidade interpasso, o que pode estar relacionado com a dificuldade de coordenação intersegmentar e aumento do risco de quedas (Creaby; Cole, 2018; Zanardi *et al.*, 2021). Essas dificuldades são exacerbadas em condições que

exigem ajustes mais complexos, como terrenos inclinados, superfícies irregulares e mudanças de velocidade.

Poucos estudos têm investigado a caminhada de indivíduos com DP em terrenos inclinados; a maioria foca nos aspectos energéticos e mecânicos em descidas e terrenos irregulares (Ni et al., 2018). Em inclinações menores, por volta de 1%, o treinamento de caminhada para indivíduos com DP mostrou ser uma estratégia eficaz para melhorar parâmetros espaçotemporais. Um estudo de Nadeau et al. (2014) demonstrou que o treinamento dessa população por um período de vinte e quatro semanas resultou em melhorias significativas na velocidade, cadência (FP) e comprimento do passo (CP) durante condições de caminhada em velocidade autosselecionada (VAS) (Nadeau; Pourcher; Corbeil, 2014).

A caminhada de indivíduos com DP foi estudada em terrenos irregulares e inclinados, e os resultados apoiam desafios adicionais para essa população. Indivíduos com DP apresentam menor velocidade de caminhada e CP, enquanto a amplitude de movimento do tornozelo e do quadril aumenta, com uma diminuição da amplitude de movimento do joelho e da mobilidade do tronco. Essas alterações sugerem um risco aumentado de quedas em terrenos inclinados, devido à dificuldade de adaptação postural e ao aumento das demandas musculares (Xu et al., 2018). Além disso, treinamento de caminhada em ambientes de montanha provocou melhorias nas variáveis espaçotemporais da caminhada e na redução dos sintomas de *freezing* e tremores de pessoas com DP em comparação ao grupo controle (Lökk, 2000). Esses resultados indicam que o treinamento em ambientes acidentados, como terrenos inclinados, pode ter um efeito positivo na caminhada de indivíduos com DP, contribuindo para melhorar a mobilidade e a qualidade de vida desses pacientes.

No contexto da caminhada em inclinações, indivíduos com DP precisam realizar ajustes posturais para enfrentar as demandas impostas pela inclinação. O tronco tende a se inclinar à frente para auxiliar na propulsão, enquanto há um aumento da flexão dos quadris, joelhos e tornozelos na fase inicial de apoio, similar ao que ocorre em indivíduos saudáveis, mas em maior magnitude (Leroux; Fung; Barbeau, 2002). Essas adaptações são necessárias para

contrabalançar a ação da gravidade e manter a progressão durante a locomoção, porém, em pacientes com DP, essa demanda adicional de controle postural e força muscular resulta em um aumento significativo do custo energético e do risco de quedas.

Portanto, compreender os efeitos da inclinação na caminhada de indivíduos com DP é fundamental para o desenvolvimento de estratégias de reabilitação que possam melhorar a eficiência e a segurança da locomoção nessa população. O treinamento específico em terrenos inclinados e irregulares pode ser uma estratégia terapêutica para reduzir as limitações da caminhada e melhorar a funcionalidade e independência dos pacientes com DP.

CAPÍTULO V

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo teve como objetivo investigar os efeitos da inclinação e das velocidades da caminhada em indivíduos com doença de Parkinson (DP), analisando tanto os aspectos fisiomecânicos quanto a coordenação intersegmentar durante a locomoção. A dissertação foi estruturada em dois estudos complementares, que contribuíram para uma visão abrangente das adaptações biomecânicas desses indivíduos frente aos desafios impostos pela caminhada em superfícies inclinadas.

O Estudo A focou nos impactos da inclinação sobre a recuperação pendular e o trabalho mecânico da caminhada. Os resultados indicaram que a inclinação afeta significativamente o trabalho externo (W_{ext}), o trabalho vertical (W_v) e a eficiência da recuperação pendular. Maiores inclinações impuseram uma demanda adicional ao sistema musculoesquelético dos indivíduos com DP, reduzindo a recuperação pendular e aumentando o custo energético da locomoção. O aumento da inclinação resultou em menor comprimento de passada, maior tempo de contato com o solo e maior ativação dos músculos dos membros inferiores para sustentar a marcha. Além disso, a análise estatística revelou um aumento na amplitude de movimento das articulações do tornozelo e do quadril, indicando a necessidade de maior flexibilidade articular para lidar com a inclinação. Esses achados corroboram a literatura existente, que aponta para maiores dificuldades de locomoção em terrenos inclinados devido às limitações impostas pela DP, como rigidez, bradicinesia e menor capacidade de adaptação postural. A análise detalhada do SPM demonstrou mudanças nas subfases da caminhada, com maior flexão do joelho e do quadril em inclinações acentuadas, reforçando a hipótese de que indivíduos com DP ajustam sua estratégia biomecânica para compensar déficits neuromotores.

O Estudo B analisou a coordenação intersegmentar durante a caminhada em diferentes inclinações e velocidades, utilizando a Fase Relativa Contínua (CRP). Os resultados demonstraram que a inclinação afeta significativamente a

sincronia entre os segmentos dos membros inferiores, levando a padrões de caminhada mais rígidos. Foi observada uma menor amplitude do CRP, sugerindo que a caminhada dos indivíduos com DP se torna mais conservadora e menos eficiente conforme a inclinação aumenta. A análise revelou ainda uma menor sincronia entre as articulações do joelho e tornozelo, indicando que o controle motor nesses indivíduos é comprometido, especialmente em velocidades mais altas e em superfícies inclinadas. Esse padrão sugere dificuldades na adaptação motora a terrenos desafiadores, aumentando o risco de instabilidade e quedas. Além disso, a menor variabilidade da CRP em inclinações elevadas pode ser um reflexo de um comportamento motor mais rígido, característico de indivíduos com DP, o que compromete a capacidade de ajuste dinâmico da caminhada.

De maneira geral, os resultados dos dois estudos indicam que a inclinação e a velocidade da caminhada são fatores críticos que influenciam diretamente a eficiência, a segurança e o custo energético da locomoção em indivíduos com DP. O aumento da inclinação impõe desafios biomecânicos adicionais, exigindo maior ativação muscular e maior controle postural. Entretanto, as adaptações necessárias para enfrentar esses desafios não são realizadas de maneira eficiente por indivíduos com DP, devido às limitações neuromotoras impostas pela doença. Essas dificuldades comprometem a funcionalidade da caminhada, aumentando o risco de quedas e impactando a independência desses indivíduos.

Dessa forma, os achados deste estudo reforçam a importância do desenvolvimento de intervenções específicas para a reabilitação da caminhada em pacientes com DP, com enfoque no treinamento em superfícies inclinadas e irregulares. O fortalecimento muscular, o aprimoramento do controle postural e o treinamento específico para melhora da coordenação intersegmentar podem contribuir para otimizar a eficiência mecânica e funcional da caminhada. Além disso, estratégias de treinamento motor que envolvam estímulos externos e ajustes progressivos das inclinações podem ser úteis para promover adaptações mais eficazes e reduzir a rigidez do padrão de marcha.

Por fim, futuros estudos devem continuar explorando estratégias de treinamento voltadas para otimizar o desempenho da caminhada em condições desafiadoras, como terrenos inclinados e irregulares. Além disso, pesquisas longitudinais podem fornecer informações mais detalhadas sobre os efeitos de programas de reabilitação na mobilidade de indivíduos com DP, contribuindo para o desenvolvimento de intervenções baseadas em evidências que promovam a funcionalidade e a qualidade de vida dessa população.

REFERÊNCIAS GERAIS

ALEXANDER, Nathalie; SCHWAMEDER, Hermann. Comparison of estimated and measured muscle activity during inclined walking. **Journal of Applied Biomechanics**, [s. l.], v. 32, n. 2, p. 150–159, 2016. Disponível em: Acesso em: 2 jul. 2023.

AMARAL-FELIPE, Késia Maísa *et al.* Life Comparison of kinematic variables of gait on a treadmill and on soil of individuals with Parkinson's disease. **Motricidade**, [s. l.], v. 13, n. 2, p. 18–26, 2017. Disponível em: <https://revistas.rcaap.pt/motricidade/article/view/7895>. Acesso em: 12 nov. 2024.

BOONSTRA, Tjitske Anke; SCHOUTEN, Alfred C.; VAN DER KOOIJ, Herman. Identification of the contribution of the ankle and hip joints to multi-segmental balance control. **Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation**, [s. l.], v. 10, n. 1, p. 1–18, 2013. Disponível em: <https://jneuroengrehab.biomedcentral.com/articles/10.1186/1743-0003-10-23>. Acesso em: 6 nov. 2024.

BOUÇA-MACHADO, Raquel *et al.* Physical Activity, Exercise, and Physiotherapy in Parkinson's Disease: Defining the Concepts. **Movement Disorders Clinical Practice**, [s. l.], v. 7, n. 1, p. 7–15, 2020. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/mdc3.12849>. Acesso em: 10 jul. 2023.

BURTSCHER, Johannes *et al.* Exercise and gait/movement analyses in treatment and diagnosis of Parkinson's Disease. **Ageing Research Reviews**, [s. l.], v. 93, p. 102147, 2024. Disponível em: Acesso em: 21 set. 2024.

CASAL, Marcela Zimmermann *et al.* Postural Adjustments and Biomechanics During Gait Initiation and Obstacle Negotiation: A Comparison Between Akinetic-Rigid and Hyperkinetic Parkinson's Disease. **Frontiers in Physiology**, [s. l.], v. 12, 2021.

CAVAGNA, G. A.; KANEKO, M. Mechanical work and efficiency in level walking and running. **The Journal of Physiology**, [s. l.], v. 268, n. 2, p. 467–481, 1977. Disponível em: Acesso em: 10 jul. 2023.

CAVAGNA, G. A.; MARGARIA, R. Mechanics of walking. **Journal of applied physiology**, [s. l.], v. 21, n. 1, p. 271–278, 1966.

CAVAGNA, G. A.; THYS, H.; ZAMBONI, A. The sources of external work in level walking and running. **The Journal of Physiology**, [s. l.], v. 262, n. 3, p. 639–657, 1976. Disponível em: Acesso em: 10 jul. 2023.

CHOIPH, Sang D D; CHOI, Sang D. Postural Balance and Adaptations in Transitioning Sloped Surfaces. **International Journal of Construction Education and Research**, [s. l.], v. 4, n. 3, p. 189–199, 2008. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/15578770802494581>. Acesso em: 14 abr. 2024.

CHRISTIANSEN, Cory L. *et al.* Walking economy in people with Parkinson's disease. **Movement Disorders**, [s. l.], v. 24, n. 10, p. 1481–1487, 2009. Disponível em: <https://movementdisorders.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/mds.22621>. Acesso em: 6 ago. 2023.

CREABY, Mark W.; COLE, Michael H. Gait characteristics and falls in Parkinson's disease: A systematic review and meta-analysis. **Parkinsonism & Related Disorders**, [s. l.], v. 57, p. 1–8, 2018. Disponível em: Acesso em: 12 nov. 2024.

DEWOLF, Arthur H. *et al.* Neuromuscular Age-Related Adjustment of Gait When Moving Upwards and Downwards. **Frontiers in Human Neuroscience**, [s. l.], v. 15, p. 749366, 2021. Disponível em: www.frontiersin.org. Acesso em: 28 jul. 2024.

DEWOLF, Arthur H. *et al.* Pendular energy transduction within the step during human walking on slopes at different speeds. **PLoS ONE**, [s. l.], v. 12, n. 10, 2017a.

DEWOLF, Arthur H. *et al.* Pendular energy transduction within the step during human walking on slopes at different speeds. **PLOS ONE**, [s. l.], v. 12, n. 10, p. e0186963, 2017b. Disponível em: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0186963>. Acesso em: 11 jul. 2023.

DIPAOLA, Mariangela *et al.* Mechanical Energy Recovery during Walking in Patients with Parkinson Disease. [s. l.], 2016. Disponível em: Acesso em: 20 jun. 2023.

DUSSAULT-PICARD, C. *et al.* Lower-limb joint-coordination and coordination variability during gait in children with cerebral palsy. **Clinical Biomechanics**, [s. l.], v. 98, 2022. Disponível em: <http://www.clinbiomech.com/article/S026800332200170X/fulltext>. Acesso em: 6 nov. 2024.

EBERSBACH, Georg *et al.* Clinical syndromes: Parkinsonian gait. **Movement Disorders**, [s. l.], v. 28, n. 11, p. 1552–1559, 2013. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/mds.25675>. Acesso em: 19 ago. 2024.

GIOVANELLI, Nicola *et al.* Energetics of vertical kilometer foot races; Is steeper cheaper?. **Journal of Applied Physiology**, [s. l.], v. 120, n. 3, p. 370–375, 2016. Disponível em: <https://journals.physiology.org/doi/10.1152/jappphysiol.00546.2015>. Acesso em: 4 abr. 2024.

GOMEÑUKA, N. A. *et al.* Adaptations to changing speed, load, and gradient in human walking: Cost of transport, optimal speed, and pendulum. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**, [s. l.], v. 24, n. 3, 2014. Disponível em: Acesso em: 28 nov. 2023.

GOMEÑUKA, Natalia Andrea *et al.* Nordic walking training in elderly, a randomized clinical trial. Part II: Biomechanical and metabolic adaptations. **Sports Medicine - Open**, [s. l.], v. 6, n. 1, p. 1–19, 2020.

GOMEŃUKA, Natalia Andrea *et al.* The pendular mechanism does not determine the optimal speed of loaded walking on gradients. [s. l.], 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.humov.2016.03.008>. Acesso em: 28 nov. 2023.

GOTTSCHELL, Jinger S.; NICHOLS, T. Richard. Neuromuscular strategies for the transitions between level and hill surfaces during walking. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, [s. l.], v. 366, n. 1570, p. 1565–1579, 2011.

HAMILL, J.; HADDAD, J. M.; MCDERMOTT, W. J. Issues in Quantifying Variability from a Dynamical Systems Perspective. **Journal of Applied Biomechanics**, [s. l.], v. 16, n. 4, p. 407–418, 2000. Disponível em: <https://journals.humankinetics.com/view/journals/jab/16/4/article-p407.xml>. Acesso em: 6 nov. 2024.

HANSEN, Andrew H.; CHILDRESS, Dudley S.; MIFF, Steve C. Roll-over characteristics of human walking on inclined surfaces. **Human Movement Science**, [s. l.], v. 23, n. 6, p. 807–821, 2004.

HAYWORTH, Emily M. *et al.* Limb and joint kinetics during walking in individuals with Mild-Moderate Parkinson's disease. **Journal of Biomechanics**, [s. l.], v. 167, p. 112076, 2024. Disponível em: Acesso em: 21 set. 2024.

HOEHN, M M; YAHR, M D. Parkinsonism: onset, progression and mortality. **Neurology**, United States, v. 17, n. 5, p. 427–442, 1967.

HUGHES, J; JACOBS, N. Normal human locomotion*. **Prosthetics and Orthotics International**, [s. l.], v. 3, p. 4–12, 1979. Disponível em: Acesso em: 10 jul. 2023.

IPPERSIEL, P.; ROBBINS, S. M.; DIXON, P. C. Lower-limb coordination and variability during gait: The effects of age and walking surface. **Gait and Posture**, [s. l.], v. 85, p. 251–257, 2021. Disponível em: Acesso em: 4 nov. 2024.

JOSEPH, Claire B. Parkinson Disease. **Journal of Consumer Health on the Internet**, [s. l.], v. 27, n. 2, p. 221–224, 2023. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/15398285.2023.2212529>. Acesso em: 21 set. 2024.

KELLY, Paul; MURPHY, Marie; MUTRIE, Nanette. The health benefits of walking. **Transport and Sustainability**, [s. l.], v. 9, p. 61–79, 2017.

KONITSIOTIS, Spyridon *et al.* Paradigm shift in Parkinson's disease: using continuous telemonitoring to improve symptoms control. Results from a 2-years journey. **Frontiers in Neurology**, [s. l.], v. 15, p. 1415970, 2024. Disponível em: Acesso em: 9 nov. 2024.

KRUPICKA, Radim *et al.* The effects of cognitive impairment on gait in Parkinson's disease. **Gait & Posture**, [s. l.], v. 106, p. S105–S106, 2023. Disponível em: Acesso em: 21 set. 2024.

KUO, Arthur D. The six determinants of gait and the inverted pendulum analogy: A dynamic walking perspective. **Human Movement Science**, [s. l.], v. 26, n. 4, p. 617–656, 2007. Disponível em: Acesso em: 10 jul. 2023.

LAY, Andrea N.; HASS, Chris J.; GREGOR, Robert J. The effects of sloped surfaces on locomotion: a kinematic and kinetic analysis. **Journal of biomechanics**, [s. l.], v. 39, n. 9, p. 1621–1628, 2006. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15990102/>. Acesso em: 9 nov. 2024.

LEAL-NASCIMENTO, Antonio Henrique *et al.* Biomechanical responses of Nordic walking in people with Parkinson's disease. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**, [s. l.], v. 32, n. 2, p. 290–297, 2022. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/sms.14095>. Acesso em: 6 ago. 2023.

LEE, Myeounggon *et al.* Gait Characteristics under Imposed Challenge Speed Conditions in Patients with Parkinson's Disease During Overground Walking.

Sensors 2020, Vol. 20, Page 2132, [s. l.], v. 20, n. 7, p. 2132, 2020. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1424-8220/20/7/2132/htm>. Acesso em: 11 jul. 2023.

LEROUX, Alain; FUNG, Joyce; BARBEAU, Hugues. Postural adaptation to walking on inclined surfaces: I. Normal strategies. **Gait & Posture**, [s. l.], v. 15, n. 1, p. 64–74, 2002. Disponível em: Acesso em: 14 abr. 2024.

LÖKK, Johan. The effects of mountain exercise in Parkinsonian persons – a preliminary study. **Archives of Gerontology and Geriatrics**, [s. l.], v. 31, n. 1, p. 19–25, 2000. Disponível em: Acesso em: 11 jul. 2023.

LUKŠYS, Donatas *et al.* Application of continuous relative phase analysis for differentiation of gait in neurodegenerative disease. **Biomedical Signal Processing and Control**, [s. l.], v. 67, p. 102558, 2021. Disponível em: Acesso em: 6 nov. 2024.

MCHENRY, H. M. The pattern of human evolution: studies on bipedalism, mastication, and encephalization. **Annual review of anthropology. Volume 11**, [s. l.], n. 110, p. 151–173, 1982.

MINETTI, Alberto E. *et al.* Energy cost of walking and running at extreme uphill and downhill slopes. **Journal of Applied Physiology**, [s. l.], v. 93, n. 3, p. 1039–1046, 2002. Disponível em: <https://journals.physiology.org/doi/10.1152/jappphysiol.01177.2001>. Acesso em: 23 abr. 2024.

MINETTI, A. E.; ARDIGO, L. P.; SAIBENE, F. The transition between walking and running in humans: metabolic and mechanical aspects at different gradients. **Acta Physiologica Scandinavica**, [s. l.], v. 150, n. 3, p. 315–323, 1994. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1748-1716.1994.tb09692.x>. Acesso em: 11 jul. 2023.

MONTEIRO, Elren Passos *et al.* Aspectos biomecânicos da locomoção de pessoas com doença de Parkinson: revisão narrativa. **Revista Brasileira de Ciências do**

Esporte, [s. l.], v. 39, n. 4, p. 450–457, 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbce/a/GGgV4qtNCxBdKvQmZMT5PNm/>. Acesso em: 10 jul. 2023.

MORRIS, Meg E. *et al.* The biomechanics and motor control of gait in Parkinson disease. **Clinical biomechanics (Bristol, Avon)**, [s. l.], v. 16, n. 6, p. 459–470, 2001. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11427288/>. Acesso em: 9 nov. 2024.

NADEAU, Alexandra; POURCHER, Emmanuelle; CORBEIL, Philippe. Effects of 24 wk of treadmill training on gait performance in parkinson's disease. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, [s. l.], v. 46, n. 4, p. 645–655, 2014. Disponível em: https://journals.lww.com/acsm-msse/Fulltext/2014/04000/Effects_of_24_wk_of_Treadmill_Training_on_Gait.1.aspx. Acesso em: 11 jul. 2023.

NI, Meng *et al.* Exercise Guidelines for Gait Function in Parkinson's Disease: A Systematic Review and Meta-analysis. **Neurorehabilitation and Neural Repair**, [s. l.], v. 32, n. 10, p. 872–886, 2018. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/1545968318801558>. Acesso em: 11 jul. 2023.

PALMER, M. Lynn; EPLER, Marcia E.; ADAMS, Michael. **Fundamentals of Musculoskeletal Assessment Techniques, 2e**. [S. l.]: Lippincott Williams & Wilkins, 1998. Disponível em: Acesso em: 12 nov. 2024.

PAUL, Sohini *et al.* Effect of uphill walking with varying grade and speed during load carriage on muscle activity. **Ergonomics**, [s. l.], v. 59, n. 4, p. 514–525, 2016. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00140139.2015.1073792>. Acesso em: 24 set. 2024.

PERC, Matjaž. The dynamics of human gait. **European Journal of Physics**, [s. l.], v. 26, n. 3, p. 525–534, 2005. Disponível em: Acesso em: 2 jul. 2023.

PERRY, Jacquelin Ed ;; BURNFIELD, Judith M. *Gait Analysis: Normal and Pathological Function*-2nd. [s. l.], Disponível em: Acesso em: 11 jul. 2023.

PEYRÉ-TARTARUGA, Leonardo A. *et al.* **Mechanical work as a (key) determinant of energy cost in human locomotion: recent findings and future directions**. [S. l.]: John Wiley and Sons Inc, 2021.

PEYRÉ-TARTARUGA, Leonardo Alexandre; COERTJENS, Marcelo. Locomotion as a powerful model to study integrative physiology: Efficiency, economy, and power relationship. **Frontiers in Physiology**, [s. l.], v. 9, n. December, p. 1–16, 2018.

ROBBINS, Shawn M. *et al.* Inter-segment coordination amplitude and variability during gait in patients with knee osteoarthritis and asymptomatic adults. **Gait & Posture**, [s. l.], v. 107, p. 324–329, 2024. Disponível em: Acesso em: 6 nov. 2024.

SAIBENE, Franco; MINETTI, Alberto E. **Biomechanical and physiological aspects of legged locomotion in humans**. [S. l.]: Springer Verlag, 2003.

SELVITELLA, Alessandro Maria; FOSTER, Kathleen Lois. The Spring-Mass Model and Other Reductionist Models of Bipedal Locomotion on Inclines. **Integrative and Comparative Biology**, [s. l.], v. 62, n. 5, p. 1320–1334, 2022. Disponível em: <https://dx.doi.org/10.1093/icb/icac047>. Acesso em: 23 abr. 2024.

SIMON, David K.; TANNER, Caroline M.; BRUNDIN, Patrik. Parkinson Disease Epidemiology, Pathology, Genetics, and Pathophysiology. **Clinics in Geriatric Medicine**, [s. l.], v. 36, n. 1, p. 1–12, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cger.2019.08.002>.

SIRAGY, Tarique; NANTEL, Julie. Quantifying Dynamic Balance in Young, Elderly and Parkinson's Individuals: A Systematic Review. **Frontiers in Aging Neuroscience**, [s. l.], v. 10, p. 417181, 2018. Disponível em: Acesso em: 10 jul. 2023.

SKINNER, S. R. *et al.* Functional demands on the stance limb in walking. **Orthopedics**, [s. l.], v. 8, n. 3, p. 355–361, 1985. Disponível em: Acesso em: 24 set. 2024.

SUTHERLAND, D. H. The evolution of clinical gait analysis: Part II kinematics. **Gait and Posture**, [s. l.], v. 16, n. 2, p. 159–179, 2002.

TANG, Hongyin *et al.* Analysis of gait characteristics and related factors in patients with Parkinson's disease based on wearable devices. **Brain and Behavior**, [s. l.], v. 14, n. 4, p. e3440, 2024. Disponível em:
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/ful/10.1002/brb3.3440>. Acesso em: 21 set. 2024.

VASCONCELLOS, Paula Renata Olegini; RIZZOTTO, Maria Lucia Frizon; TAGLIETTI, Marcelo. Morbidade hospitalar e mortalidade por Doença de Parkinson no Brasil de 2008 a 2020. **Saúde em Debate**, [s. l.], v. 47, n. 137, p. 196–206, 2023. Disponível em:
https://www.scielo.br/j/sdeb/a/4MhycVSTSmjXW3kMKr4n35L/?utm_source=chatgpt.com. Acesso em: 26 nov. 2024.

WALL-SCHEFFLER, Cara M. *et al.* Electromyography activity across gait and incline: The impact of muscular activity on human morphology. **American Journal of Physical Anthropology**, [s. l.], v. 143, n. 4, p. 601–611, 2010. Disponível em:
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/ful/10.1002/ajpa.21356>. Acesso em: 28 abr. 2024.

WANG, Ning *et al.* Classification of walking patterns on inclined surfaces from accelerometry data. **DSP 2009: 16th International Conference on Digital Signal Processing, Proceedings**, [s. l.], 2009. Disponível em: Acesso em: 24 set. 2024.

WASSER, Joseph G. *et al.* Lumbopelvic coordination while walking in service members with unilateral lower limb loss: Comparing variabilities derived from vector coding and continuous relative phase. **Gait & Posture**, [s. l.], v. 92, p. 284–289, 2022. Disponível em: Acesso em: 6 nov. 2024.

WILLEMS, P. A.; CAVAGNA, G. A.; HEGLUND, N. C. External, Internal and Total Work in Human Locomotion. **Journal of Experimental Biology**, [s. l.], v. 198, n. 2, p. 379–393, 1995. Disponível em: <https://dx.doi.org/10.1242/jeb.198.2.379>. Acesso em: 22 fev. 2024.

XU, Hang *et al.* Gait alterations on irregular surface in people with Parkinson's disease. **Clinical Biomechanics**, [s. l.], v. 57, p. 93–98, 2018. Disponível em: <http://www.clinbiomech.com/article/S0268003318304388/fulltext>. Acesso em: 11 jul. 2023.

YUAN, Tifei *et al.* The mental representation of the human gait in young and older adults. [s. l.], 2015. Disponível em: www.frontiersin.org. Acesso em: 10 jul. 2023.

ZANARDI, Ana Paula J. *et al.* Effects of nordicwalking on gait symmetry in mild Parkinson's disease. **Symmetry**, [s. l.], v. 11, n. 12, 2019.

ZANARDI, Ana Paula Janner *et al.* Gait parameters of Parkinson's disease compared with healthy controls: a systematic review and meta-analysis. **Scientific Reports 2021 11:1**, [s. l.], v. 11, n. 1, p. 1–13, 2021. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41598-020-80768-2>. Acesso em: 10 jul. 2023.

ZARRUGH, M. Y.; TODD, F. N.; RALSTON, H. J. Optimization of energy expenditure during level walking. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, [s. l.], v. 33, n. 4, p. 293–306, 1974.

RELATÓRIO DE ATIVIDADES DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO

Ao longo do processo de mestrado, além da elaboração dos dois estudos apresentados neste trabalho, outras produções e participações foram realizadas a nível de ensino, pesquisa e extensão e serão relatadas a seguir.

Ensino

Experiência de ensino na graduação:

- Estágio docente na disciplina de fisioterapia aquática com a professora Flávia Martínez no semestre 2024/2.
- Aula de análise de marcha e história da locomoção na universidade CESUCA a convite do professor Luiz Aver em 3 semestres: 2023/1 e 2, 2024/1.
- Aula de princípios fisiológicos da adaptação ao meio líquido na disciplina de fisioterapia aquática da professora Flávia Martínez em 2023/2.

Apresentação de trabalhos:

- Resumo publicado nos anais do 9th International Congress Mountain, Sports and Health, Rovereto Italia, Novembro de 2023, com o Título: Fatigue-Related Changes in Running Technique and Mechanical Variables After a Maximal Incremental Test in Recreational Runners.
- Resumo publicado nos anais do XXIII Congresso Brasileiro de Ciências do Esporte e X congresso Internacional de Ciências do Esporte, Fortaleza, outubro de 2023 com o título: Os benefícios do OpenCap: uma análise de viabilidade.
- Poster no congresso brasileiro de atividade física e saúde em Garopaba SC, com o título: Amplitude total de movimento articular e velocidade angular máxima de idosos de idosos com e sem doença de parkinson durante o teste de sentar e levantar.
- Poster no XXIII congresso brasileiro de cirurgia bariátrica e metabólica, no Rio de Janeiro, com o título: comparison of functional capacity and

spatiotemporal parameters in gait between the pre and post-bariatric surgery period: a case study.

- Poster apresentado no 43º Simpósio Nacional de Educação Física e 4º Encontro de Fisioterapia; 2º Simpósio Nacional de Mulheres em Ciências da Saúde, Pelotas, setembro de 2024, com o título: efeito das inclinações positivas no recovery pendular durante a marcha de sujeitos com parkinson.

Pesquisa:

Participação em projetos de pesquisa:

- Análise cinemática de exercícios em água funda em sujeitos com diferentes flutuadores, desde 2020 como assistente de pesquisa.
- Participação nos projetos desenvolvidos no grupo de pesquisa LOCOMOTION, GPCOMFA e CREM, com a função principal de analista de dados e coleta de dados.

Artigos científicos aceitos para publicação:

1. Determinants of Dual-task Gait Speed in Older Adults with and without Parkinson's Disease (publicado em julho de 2023 na Journal of Applied Physiology).
2. Postural Adjustments and perceptual responses of Nordic running: concurrent effects of poles and irregular terrain (publicado em janeiro de 2024 na European Journal of Applied Physiology).
3. Fatigue-Related Changes in Running Technique and Mechanical Variables After a Maximal Incremental Test in Recreational Runners (publicado em Julho de 2024 na Journal of Applied Biomechanics).
4. Comparison between two Kinematic tracking methods of shallow water walking: conventional manual vs. markerless tracking (Submetido em setembro de 2024 na Frontiers on Sports and Active Living).

Artigos científicos submetidos para publicação:

1. Artigo como primeiro autor submetido a Frontiers in Sports and Active Living Biomechanics and Control of Human Movement com o título: Comparison between two kinematic tracking methods of shallow water walking: conventional manual vs. markerless tracking.

Extensão:**Participação em projetos de extensão:**

1. Apoio pedagógico no projeto de fisioterapia aquática no ano de 2023.
2. Apoio pedagógico nos projetos de atividades terapêuticas aquáticas no ano de 2023.
3. Apoio técnico no projeto Biribol em 2023.
4. Integrante da comissão organizadora no projeto de caminhada nórdica para pessoas com doença de parkinson – 8ª edição – 2023.

APÊNDICE I

Termo de consentimento livre e esclarecido

O(a) senhor(a) está sendo convidado(a) para participar de um estudo que se chama “ASPECTOS FISIOMECÂNICOS DA CAMINHADA DE INDIVÍDUOS COM PARKINSON DURANTE A CAMINHADA EM DIFERENTES INCLINAÇÕES ANALISADO A PARTIR DE DOIS DIFERENTES MÉTODOS: O SISTEMA VICON E O SOFTWARE OPENCAP”, que será realizado pelo pesquisador Lucas de Liz Alves, aluno do curso de mestrado em Ciência do Movimento Humano na Escola de Educação Física, Fisioterapia e Dança (ESEFID) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), sob orientação do Professor Dr. Leonardo Alexandre Peyré-Tartaruga. A pesquisa tem a finalidade de estudar os parâmetros mecânicos e energéticos da caminhada de pessoas com doença de Parkinson no plano e em diferentes inclinações e velocidades é importante para entendermos melhor os efeitos das diferentes inclinações podem mudar os parâmetros de caminhada. O horário da atividade será previamente agendado com o(a) senhor (a). Para tal, utilizaremos alguns marcadores corporais não invasivos (colocaremos alguns pontos reflexivos sobre a pele, facilmente removíveis e que não causam danos a pele), bem como uma esteira adaptada, circundado por um sistema de câmeras capaz de detectar o seu movimento durante a caminhada.

Serão necessárias 2 visitas ao laboratório. Inicialmente, será realizada uma avaliação para sabermos se o(a) senhor(a) pode participar da pesquisa. Se o(a) senhor(a) puder participar, iremos realizar uma caminhada na esteira com o senhor(a) conhecer a esteira. O(a) senhor(a) vai caminhar por um minuto em cada velocidade em cada inclinação, durante cada troca de velocidade o senhor terá 4 minutos de descanso ou mais se necessário, durante as trocas de inclinações da esteira, o senhor (a) terá cinco minutos de intervalo ou mais se necessário. A primeira visita ao laboratório demorará cerca de 30 minutos. Na segunda, o senhor (a) irá caminhar novamente na esteira nas diferentes velocidades e inclinações e terá 4 minutos de descanso durante as trocas de velocidade e cinco minutos durante as trocas de inclinações da esteira. As caminhadas serão na velocidade que caminha normalmente e em duas

velocidades diferentes que serão fixas. A segunda visita terá cerca de uma hora e trinta minutos.

Durante a realização das avaliações, pode haver o risco de queda ou, eventualmente, picos hipertensivos ou, ainda, aumento/queda da frequência cardíaca. Para evitar tais riscos, durante as avaliações sempre haverá um pesquisador próximo do(a) senhor(a), monitorando tais situações para minimizar o risco de elas acontecerem – por exemplo, procedendo com a interrupção do teste (faremos a aferição da pressão arterial e da frequência cardíaca sempre que necessário). Caso aconteça alguma intercorrência durante as avaliações, os pesquisadores se não comprometem em arcar com todos os cuidados necessários, somente o que for possível ao nosso alcance. No local da pesquisa não haverá médicos, mas haverá uma linha telefônica disponível para Assistência Médica de Emergência (192). Durante os testes haverá mais de uma pessoa apta e treinada para realizar as avaliações.

O local das avaliações (pesquisa) será no Centro Natatório e dependências da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Dança (ESEFID) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), localizado na rua Felizardo Furtado, nº750, bairro Jardim Botânico na cidade de Porto Alegre do estado do Rio Grande do Sul.

Pelo presente Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, declaro que fui informado(a), de forma clara, sobre os objetivos do estudo, sua justificativa e os procedimentos aos quais serei submetido(a). A participação nesse estudo é voluntária, sendo possível a desistência a qualquer momento, sem a necessidade de aviso prévio ao pesquisador. Estou ciente de que os resultados serão utilizados para a elaboração de uma dissertação de mestrado e poderão ser publicados em revistas científicas, desde que meu nome não seja revelado. Também fui esclarecido(a) de que minha identidade será mantida no mais rigoroso sigilo e que terei o direito de obter informações sobre qualquer aspecto da pesquisa, antes, durante ou depois de seu desenvolvimento. Também fui informado(a) que todos os cuidados possíveis serão tomados para minimizar os riscos de queda durante a minha participação no estudo. No entanto, caso ocorra eventual dano à minha saúde e integridade física que esteja relacionado aos procedimentos propostos pela pesquisa, como, por exemplo, uma queda

inesperada e imprevisível ao chão durante a realização dos testes ou exercícios que fazem parte da pesquisa, receberei a assistência necessária para meu pronto restabelecimento. Cabe ressaltar, que os pesquisadores irão contatar uma linha telefônica do SUS, porém caso o senhor venha a ter quaisquer despesas médicas será por sua conta, os pesquisadores não ajudarão de forma financeira. Além disso, sua participação no estudo é gratuita e que você não receberá nenhum tipo de compensação financeira por participar dele. Questionamentos e esclarecimentos também poderão ser respondidos a qualquer tempo contatando os pesquisadores responsáveis pelo desenvolvimento desta Pesquisa, a mestrando Lucas de Liz Alves, pelo telefone (51) 99783-6535, ou o Professor responsável, o Dr. Leonardo Alexandre Peyré-Tartaruga, pelo telefone (51) 98406-3793. Caso você ainda possua dúvidas de conteúdo ético que não tenham sido esclarecidas em contato com os pesquisadores responsáveis, o Comitê de Ética em Pesquisa da UFRGS está a sua disposição para auxiliá-lo(a), no seguinte telefone e endereço:

Comitê de Ética em Pesquisa da UFRGS

Av. Paulo Gama, 110 - Sala 317

Prédio Anexo 1 da Reitoria - Campus Centro

Porto Alegre/RS - CEP: 90040-060

Fone: +55 51 3308 3738

E-mail: etica@propesq.ufrgs.br

Declaro por meio deste que estou ciente do exposto e desejo participar da pesquisa.

Nome do voluntário(a): _____

Assinatura: _____ Porto Alegre/RS ____/____/____

Eu, Lucas de Liz Alves, declaro, por meio deste, que forneci ao participante e/ou responsável todas as informações referentes ao estudo.

CPF:092.120.079-02

Assinatura do pesquisador: _____

Porto Alegre/RS ____/____/____

APÊNDICE II

Rotina de Cálculo das variáveis, resultados agrupados por artigos e planilhas de dados calculados:

Link para pasta no Google Drive, ao solicitar acesso:

https://drive.google.com/drive/folders/1snTRYoe30kQumaauuqZf2Pg7URshh_I?usp=sharing