

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE EDUCAÇÃO FÍSICA E DESPORTOS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO FÍSICA**

**BIOMECÂNICA DA MARCHA COM OBSTÁCULO E  
DUPLA TAREFA EM IDOSAS SEDENTÁRIAS E  
FISICAMENTE ATIVAS**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**Eliane Celina Guadagnin**

**Santa Maria, RS, Brasil  
2014**

**PPGEF/UFSM, RS**

**GUADAGNIN, Eliane Celina**

**Mestre**

**2014**

# **BIOMECÂNICA DA MARCHA COM OBSTÁCULO E DUPLA TAREFA EM IDOSAS SEDENTÁRIAS E FISICAMENTE ATIVAS**

**Eliane Celina Guadagnin**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Educação Física, Área de Concentração Educação Física, Saúde e Sociedade, linha de pesquisa em Aspectos Biológicos e Comportamentais da Educação Física e da Saúde, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de  
**Mestre em Educação Física**

**Orientador: Prof. Dr. Felipe Pivetta Carpes**

**Santa Maria, RS, Brasil  
2014**

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

GUADAGNIN, ELIANE CELINA  
BIOMECÂNICA DA MARCHA COM OBSTÁCULO E DUPLA TAREFA EM  
IDOSAS SEDENTÁRIAS E FÍSICAMENTE ATIVAS / ELIANE CELINA  
GUADAGNIN.-2014.  
77 p. ; 30cm

Orientador: FELIPE PIVETTA CARPES  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa  
Maria, Centro de Educação Física e desportos, Programa de  
Pós-Graduação em Educação Física, RS, 2014

1. Biomecânica 2. Análise de marcha 3. Marcha com  
obstáculo 4. Marcha com dupla tarefa 5. Exercícios físicos  
I. CARPES, FELIPE PIVETTA II. Título.

---

© 2014

Todos os direitos autorais reservados a Eliane Celina Guadagnin. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita mediante a citação da fonte.  
E-mail: elianecguadagnin@hotmail.com

**Universidade Federal de Santa Maria  
Centro de Educação Física e Desportos  
Programa de Pós-Graduação em Educação Física**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,  
aprova a Dissertação de Mestrado

**BIOMECÂNICA DA MARCHA COM OBSTÁCULO E DUPLA TAREFA  
EM IDOSAS SEDENTÁRIAS E FÍSICAMENTE ATIVAS**

elaborada por  
**Eliane Celina Guadagnin**

como requisito parcial para obtenção do grau de  
**Mestre em Educação Física**

**COMISSÃO EXAMINADORA:**

  
**Felipe Pivetta Carpes, Dr.**  
(Presidente/Orientador)

  
**Carlos Bolli Mota, Dr. (UFSM)**

  
**Eduardo Lusa Cadore, Dr. (UnB)**

Santa Maria, 28 de março de 2014.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente à Deus, pela oportunidade.

À minha família, base de minha felicidade, especialmente aos meus pais, obrigada pelo apoio na busca de meus sonhos e na realização do mestrado.

Ao meu orientador, Prof. Felipe Pivetta Carpes, agradeço por todos os ensinamentos e pelo exemplo de mestre, pesquisador e ser humano. Obrigada pelo apoio e incentivo em todos os momentos e pelas oportunidades de aprendizagem que me proporcionou.

Ao professor Carlos Bolli Mota, agradeço pela acolhida no Laboratório de Biomecânica, pela ajuda ao longo de todo o mestrado e pelo exemplo de mestre e ser humano.

À professora Silvana Corrêa Matheus, agradeço pela acolhida no início do curso de mestrado.

Às minhas amigas que muitas vezes, mesmo longe, me incentivaram, torceram por mim e me acompanharam durante todo o curso.

Aos colegas do Laboratório de Biomecânica, principalmente àquela turma da convivência diária, e também aos demais, obrigada pelo companheirismo e por terem contribuído para o meu crescimento.

Aos colegas do Grupo de Pesquisa em Neuromecânica Aplicada, pela dedicação e pela parceria nas atividades que desenvolvemos juntos.

Aos colegas do curso de mestrado, pela troca de ideias e incentivos.

À direção do Centro de Educação Física e Desportos, e à coordenação e secretaria do PPG em Educação Física, pela estrutura disponibilizada.

À CAPES, pela concessão de bolsa de estudos durante o mestrado.

Aos professores Ana Cristina de David, Silvana Corrêa Matheus, Eduardo Lusa Cadore e Carlos Bolli Mota, pelas contribuições a este trabalho.

## RESUMO

Dissertação de Mestrado  
Programa de Pós-Graduação em Educação Física  
Universidade Federal de Santa Maria

### **BIOMECÂNICA DA MARCHA COM OBSTÁCULOS E DUPLA TAREFA EM IDOSAS SEDENTÁRIAS E FÍSICAMENTE ATIVAS**

AUTORA: ELIANE CELINA GUADAGNIN

ORIENTADOR: FELIPE PIVETTA CARPES

Data e Local da defesa: Santa Maria, 28 de março de 2014.

O envelhecimento acarreta modificações em diversas estruturas e funções corporais. Déficits na capacidade neuromuscular, mecânica e cognitiva podem levar a uma redução na capacidade de locomoção e dificultar a marcha em condições desafiadoras, como na presença de obstáculos. Tais efeitos podem ser aplicados em situações de dupla tarefa. Limitações na mobilidade, assimetrias na força de membros inferiores e menor capacidade de resposta a mudanças no contexto da tarefa podem afetar a marcha e aumentar o risco de quedas em idosos. Embora o exercício físico apresente uma série de benefícios para a qualidade de vida em idosos, sua influência sobre o desempenho na marcha com perturbações tem sido pouco investigada. Enquanto a marcha usual pode ser aprimorada pelo exercício regular, não se sabe como o exercício regular contribui para o desempenho na marcha em diferentes condições de perturbação onde cargas cognitivas adicionais também estão envolvidas. O objetivo deste trabalho foi avaliar a biomecânica da marcha com obstáculo e dupla tarefa em idosas sedentárias e fisicamente ativas. Participaram do estudo mulheres com idade de 60 anos ou mais, que foram classificadas como fisicamente ativas ou sedentárias. Após a realização de uma anamnese, as idosas foram avaliadas quanto ao estado mental, preferência lateral e cinemática da marcha em três situações: durante a marcha normal, livre de obstáculo; durante a transposição de um obstáculo; e durante a transposição de um obstáculo concomitante à realização de uma tarefa cognitiva secundária. Os principais resultados sugerem que algumas variáveis da marcha com obstáculo são beneficiadas pela prática do exercício regular, mesmo com a realização de uma dupla tarefa. Idosas fisicamente ativas parecem assumir padrões mais seguros de marcha para cruzar um obstáculo, ainda que assimetrias ocorram para ambos os grupos.

**Palavras-chave:** Envelhecimento. Caminhada. Exercício físico. Transposição de obstáculos. Cognição. Controle motor. Tarefa de *Stroop*.

## **ABSTRACT**

Master Dissertation  
Graduate Program in Physical Education  
Federal University of Santa Maria

### **BIOMECHANICS OF GAIT WITH OBSTACLE AND DUAL-TASK IN SEDENTARY AND PHYSICALLY ACTIVE ELDERLY**

AUTHOR: ELIANE CELINA GUADAGNIN

SUPERVISOR: FELIPE PIVETTA CARPES

Date and place of presentation: Santa Maria, March 28<sup>th</sup> 2014.

Aging is associated with several changes in human body functions and structures. Neuromuscular, mechanical and cognitive deficits may increase difficulties in locomotion, especially under challenging situations as the gait over obstacles. Such effects can be enforced during situations of dual-task. Limitations for mobility, strength asymmetries and decreased ability of response for changes in the context can affect the gait and increase risks for falling in the elderly. Although physical exercise benefits general health condition, its influence on performance of perturbed gait has been briefly addressed. While the usual gait can be benefited by regular physical exercise, questions still open on how regular exercise contributes to the performance of perturbed gait combined or not with a dual-task, which bring additional cognitive loading to the elderly. The purpose of this study was to evaluate the biomechanics of gait crossing a obstacle while performing or not a dual-task in sedentary and physically active elderly. Elderly aged 60 years old or more participated in the study. They were classified as sedentary or physically active. A brief interview was performed, followed by examination of cognitive status, leg preference and gait kinematics under three conditions: during the usual overground gait, overground gait crossing an obstacle and during overground gait crossing an obstacle while performing a dual-task. Results suggest that some kinematic variables of aged gait are improved in the physical active elderly, even with the execution of a dual-task. Physically active elderly seemed to adopt a more secure pattern of locomotion while crossing over an obstacle, despite of gait asymmetries observed for both the groups.

**Keywords:** Aging. Walking. Physical Exercise. Obstacle Crossing. Cognition. Motor Control. Stroop-Task.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Obstáculo utilizado para a análise da marcha com obstáculo.....	23
Figura 2 – Ilustração das variáveis cinemáticas relacionadas à posição dos pés e do obstáculo.....	24
Figura 3 – Ângulos para quadril, joelho e tornozelo.....	38
Figura 4 – Distâncias verticais (DV) entre obstáculo e pé.....	39
Figura 5 – Distâncias horizontais (DH) entre obstáculo e pé.....	40

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resultados estatísticos considerando os efeitos de grupo, condição e membro inferior (MI) pela análise de variância (valores de F e p) para os ângulos de flexão/extensão de quadril e joelho e flexão dorsal/plantar de tornozelo.....	34
Tabela 2 – Resultados estatísticos considerando as interações de grupo x condição; grupo x membro inferior (MI); condição x membro inferior (MI); grupo x condição x membro inferior (MI) (valores de F e p) para os ângulos de flexão/extensão de quadril e joelho e flexão dorsal/plantar de tornozelo.....	35
Tabela 3 – Resultados estatísticos considerando os efeitos de grupo, condição e membro inferior (MI) pela análise de variância (valores de F e p) para as variáveis lineares.....	36
Tabela 4 – Resultados estatísticos considerando as interações de grupo x condição; grupo x membro inferior (MI); condição x membro inferior (MI); grupo x condição x membro inferior (MI) (valores de F e p) para as variáveis lineares.....	37

## LISTA DE ANEXOS

Anexo A – Inventário revisado de Waterloo.....	65
Anexo B – Mini-exame do estado mental.....	67
Anexo C – Posicionamento dos marcadores reflexivos (Plug-In Gait Full Body Modelling - Vicon) – vista anterior e vista posterior.....	68

## LISTA DE APÊNDICES

Apêndice A – Termo de consentimento livre e esclarecido.....	70
Apêndice B – Ficha de anamnese.....	72
Apêndice C – Ficha de avaliação antropométrica.....	73
Apêndice D – Tabela com valores médios de cada variável.....	74

## SUMÁRIO

<b>APRESENTAÇÃO .....</b>	<b>12</b>
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
1.1 Natureza do problema.....	13
1.2 Fundamentação teórica .....	14
1.3 Delimitação do tema.....	17
<b>2 OBJETIVOS.....</b>	<b>19</b>
2.1 Objetivo geral .....	19
2.2 Objetivos específicos .....	19
<b>3 MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>20</b>
3.1 Participantes.....	20
3.2 Avaliação biomecânica da marcha .....	21
3.3 Variáveis.....	23
3.4 Análises estatísticas.....	25
<b>4 RESULTADOS.....</b>	<b>27</b>
4.1 Ângulos de flexão/extensão de quadril e joelho e flexão dorsal/plantar de tornozelo ..	27
4.2 DV hálux-obstáculo – pé de abordagem.....	29
4.3 DV hálux-obstáculo – pé de apoio .....	29
4.4 DV calcanhar-obstáculo.....	30
4.5 DH pé-obstáculo .....	30
4.6 DH obstáculo-pé .....	31
4.7 Velocidade média da marcha .....	32
4.8 Comprimento médio de passo.....	32
4.9 Comprimento de passo de transposição – membro de abordagem.....	32
4.10 Comprimento de passo de transposição – membro de apoio.....	33
4.11 Comprimento da passada de transposição.....	33
<b>5 DISCUSSÃO .....</b>	<b>41</b>
5.1 Efeito do exercício físico.....	42
5.2 Efeito da dupla tarefa .....	48
5.3 Assimetrias na marcha.....	51
<b>6 CONCLUSÕES .....</b>	<b>54</b>
<b>7 APLICAÇÕES PRÁTICAS E PERSPECTIVAS FUTURAS .....</b>	<b>55</b>
<b>8 REFERÊNCIAS.....</b>	<b>56</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>64</b>
<b>APÊNDICES .....</b>	<b>69</b>

## APRESENTAÇÃO

Neste estudo avaliamos a biomecânica da marcha de idosas, sedentárias e fisicamente ativas, em condições desafiadoras e relacionadas com situações enfrentadas no dia a dia. Entende-se por condição desafiadora na marcha qualquer situação em que, durante o andar, tenhamos que realizar uma tarefa adicional, ou lidarmos com um elemento externo que possa oferecer alguma influência sobre nosso desempenho, o que em muitas vezes pode resultar em um risco, por exemplo, de queda. No contexto do nosso estudo, essa condição desafiadora é dada pela necessidade de passar sobre um obstáculo vertical posto no solo, enquanto realiza-se ou não uma dupla tarefa. Dessa forma, buscamos replicar as condições encontradas no dia a dia da locomoção humana, uma vez que o obstáculo posto no solo equivale, por exemplo, à altura de um meio-fio em uma via pública.

Uma dupla tarefa é caracterizada pela realização de ações distintas concomitantemente, o que altera as demandas atencionais e a carga cognitiva para execução de uma tarefa principal. No nosso estudo, a condição de dupla tarefa foi uma adaptação da tarefa de *Stroop*. Estudos prévios já demonstraram que ao executar uma dupla tarefa durante o andar, aspectos biomecânicos da marcha são alterados.

Este estudo foi motivado pelo aumento crescente na população idosa e na necessidade de buscar ou consolidar estratégias para a manutenção da independência no idoso, buscando evidências para a eficácia do exercício físico regular. O presente trabalho está estruturado da seguinte forma. Inicialmente é apresentada a Introdução, que traz a natureza do nosso problema de pesquisa, a fundamentação teórica da proposta e a delimitação do tema desta investigação. A seguir são apresentados os objetivos, seguidos pelos métodos e procedimentos empregados. Os resultados e a discussão que propomos para nossos achados complementam esta dissertação, sendo que ao seu final apresentamos conclusões e aplicações práticas com perspectivas futuras para desenvolvimento de novos estudos nesta temática.

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Natureza do problema

Dados do último censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) mostraram que, no Brasil, o número de pessoas com 60 anos ou mais passou de 8,6% da população, no ano de 2000, para 11% em 2010, sendo 45,5% homens e 54,5% mulheres. No Rio Grande do Sul, esse crescimento foi semelhante, pois o percentual da população nessa faixa etária passou de 10,5% para 13,8% no mesmo período, com as mulheres em maior proporção que os homens (IBGE, 2012).

O envelhecimento envolve alterações morfológicas e funcionais nos indivíduos, dentre elas o aumento do tecido adiposo (ALMEIDA et al., 2011), perda de massa muscular (ALMEIDA et al., 2011), fraqueza muscular (LU et al., 2006), déficits de equilíbrio (LU et al., 2006; SIQUEIRA et al., 2007), de coordenação (LU et al., 2006), perdas na massa óssea (SIQUEIRA et al., 2007), além de um progressivo declínio na função cognitiva (SATTELMAIR et al., 2009). Essas alterações podem prejudicar o desempenho na locomoção e na negociação com obstáculos, afetar a habilidade para se recuperar de um tropeço inesperado, e com isso aumentar o risco de quedas (LU et al., 2006; SIQUEIRA et al., 2007).

As quedas são consideradas importantes causas de morbidade e mortalidade entre os idosos (MOCHIDA et al., 2009), sendo sua prevalência maior em indivíduos de idade mais avançada e do sexo feminino (SIQUEIRA et al., 2007; YU et al., 2009). Quedas têm efeitos negativos sobre a qualidade de vida do idoso, pois estão relacionadas com lesões, perda de confiança, subsequente redução na participação na comunidade e redução nos níveis de atividade física (SHERRINGTON et al., 2011). Essa diminuição na mobilidade decorre do medo de cair novamente, ao mesmo tempo em que aumenta o risco de quedas futuras (HOLLMAN et al., 2007).

## 1.2 Fundamentação teórica

A marcha é um determinante da independência do idoso, permitindo a realização das atividades de vida diária e manutenção da interação social (MOCHIDA et al., 2009). O equilíbrio e a marcha anormais foram relatados como fatores funcionais que podem predizer o risco de quedas no idoso (YU et al., 2009). Em relação à cinemática do andar em idosos, a literatura é consistente acerca de mudanças em parâmetros espaciais e temporais na busca por maior estabilidade, destacando-se entre as mudanças um maior tempo de suporte (JUDGE et al., 1995), maior largura do passo (JUDGE et al., 1995) e diminuição da velocidade média (JUDGE et al., 1995; CHONG et al., 2009; REELICK et al., 2009).

Evidências sugerem que tanto grupos de idosos formados por homens e mulheres (em comparação com adultos jovens e adultos de meia idade) (HOLLMAN et al., 2007), quanto grupos formados somente por idosas (em comparação com mulheres jovens) (PRIEST et al., 2008) apresentam menor velocidade média de marcha. Este padrão é constatado tanto na marcha normal quanto na marcha combinada com uma dupla tarefa cognitiva (HOLLMAN et al., 2007; PRIEST et al., 2008), onde os indivíduos precisam realizar duas tarefas concomitantemente, como por exemplo, caminhar e responder oralmente a perguntas. Adicionalmente, a diminuição da velocidade na realização da marcha com dupla tarefa cognitiva parece ser mais marcante em idosas (PRIEST et al., 2008). A maior variabilidade da marcha verificada na condição de dupla tarefa caracteriza um efeito desestabilizador da demanda cognitiva concomitante com o andar, e pode colocar os idosos em maior risco de quedas (HOLLMAN et al., 2007; PRIEST et al., 2008).

A estratégia da marcha para ultrapassar um obstáculo no caminho também se mostra cada vez menos efetiva com o avançar da idade (HARLEY et al., 2009). Adultos jovens direcionam mais atenção ao andar antes de cruzar pelo obstáculo do que enquanto estão passando por ele, ao passo que idosos demandam similar atenção aos dois eventos. Isto aumenta o risco de queda devido ao comprometimento dos recursos atencionais disponíveis (BROWN et al., 2005). Adicionalmente, idosos utilizam uma estratégia mais conservadora para transpor um obstáculo, como resultado de uma degradação física relacionada à idade, sendo que uma falha nessa estratégia pode aumentar o risco de queda devido à inabilidade

para se recuperar de um tropeço (LU et al., 2006). Isto também porque os principais riscos de quedas durante a marcha de idosos parecem ter associação com tropeços (TINETTI et al., 1988; TINETTI; SPEECHLEY, 1989; CAMPBELL et al., 1990; LU et al., 2006).

A reduzida flexão dorsal do tornozelo na fase de balanço da marcha em idosos aumenta o risco de contato dos artelhos com o obstáculo (BEGG; SPARROW, 2006). Outra variável importante, considerada um marcador útil de risco de tropeços em idosos, é a distância vertical mínima do pé para o obstáculo, que está diretamente ligada ao mecanismo de um tropeço (contato do pé com o solo), que ocorre quando essa distância for reduzida para zero (BARRETT et al., 2010). A variabilidade da distância vertical mínima do pé para o obstáculo é um indicador de risco de tropeços nessa população (BARRETT et al., 2010). A variabilidade da marcha é um indicador importante de mobilidade prejudicada em idosos (BRACH et al., 2010).

A inatividade física associada às alterações sistêmicas advindas do envelhecimento acarreta redução da força muscular, e no caso dos extensores do joelho, afeta a mecânica articular, já que sujeitos com fraqueza do quadríceps apresentam maior impacto sobre a articulação do joelho durante o andar (MIKESKY et al., 2000). Como medida de minimização destes efeitos deletérios, a influência do exercício físico sobre a mobilidade vem sendo estudada em idosos.

Estudos apontam que idosos sedentários apresentam maior número de quedas (SIQUEIRA et al., 2007; YU et al., 2009). Recentemente, um estudo de revisão mostrou que o exercício físico regular pode prevenir quedas em idosos (SHERRINGTON et al., 2011). Programas de exercícios que envolvem componentes diversos, como os aeróbicos, de equilíbrio, de coordenação, de força e de caminhada, têm efeito positivo sobre a marcha de mulheres idosas (CAO et al., 2007). No entanto, existem controvérsias na literatura entre as modalidades de exercício e sua configuração sobre a marcha de idosos. Exercícios de resistência (uma hora de exercícios, três vezes por semana, durante 24 a 26 semanas) tiveram efeitos positivos para o risco de quedas, mas não tiveram significativo efeito na marcha, equilíbrio e status de saúde física (BUCHNER et al., 1997). Já a amplitude de movimento e a capacidade de realizar atividades da vida diária melhoraram em idosos institucionalizados submetidos a um protocolo de 10 exercícios de alongamento durante oito semanas (STANZIANO et al., 2009).

Enquanto uma sessão de exercícios de alongamento, para o grupo de flexores do quadril, resultou em melhoras imediatas na marcha de idosos (RODACKI et al., 2009), um programa de caminhada, com 12 semanas de duração, realizado 5 vezes por semana, para idosos ativos, não foi suficiente para alterar as características espaço-temporais da marcha em idosos (PAILLARD et al., 2004). Para mulheres idosas que praticavam hidroginástica (de 6 meses a 2 anos de prática, de 2 a 3 vezes por semana, sem praticar outra modalidade de exercícios nos últimos dois anos) menor risco de quedas foi observado (AGUIAR et al., 2010). Além disso, em comparação com idosas sedentárias, as praticantes de hidroginástica apresentaram um melhor equilíbrio (AGUIAR et al., 2010).

Quanto à marcha com obstáculos, diferentes modalidades de exercícios podem ter resultados variados sobre a mesma. Um treinamento de força para membros inferiores (12 semanas de duração, realizado 3 vezes por semana) proporcionou melhoras significativas nas variáveis velocidade média de marcha, comprimento da passada, cadência e distância vertical do pé para o solo em idosas, indicando um reduzido risco de queda e mostrando que fortalecer os músculos dos membros inferiores é uma estratégia efetiva para reverter a diminuída distância vertical do pé para o solo nos idosos. (PERSCH et al., 2009)

Idosas praticantes de Tai Chi-Chuan (8 anos de prática) apresentaram melhor controle postural em relação a praticantes de caminhada (com mesmo tempo de prática que o grupo de Tai-Chi-Chuan) (ZHANG et al., 2011). Os resultados demonstraram uma maior distância do pé para o obstáculo (antes da transposição) e do obstáculo para o calcanhar após a transposição do membro que passa primeiro pelo obstáculo (somente com um obstáculo de maior altura) para o grupo de Tai-Chi-Chuan. Isto reduz a possibilidade do pé tocar o obstáculo, e do sujeito tropeçar. Além disso, os praticantes de Tai Chi-Chuan apresentaram maior distância vertical do pé para o obstáculo durante a transposição, em relação ao grupo de caminhada, não ocorrendo essa diferença durante a marcha normal. Considerando sujeitos com histórico positivo de quedas, um programa específico de prevenção para quedas (duração de 5 semanas, 2 sessões semanais) possibilitou passos mais largos transpondo o obstáculo, o que resultou em maior distância do calcanhar para o obstáculo, reduzindo o risco de o calcanhar tocar o obstáculo. Porém, com esse treinamento, a distância horizontal pé-obstáculo e a distância vertical pé-obstáculo não tiveram mudanças (WEERDESTEYN et al., 2008).

Na marcha, com ou sem obstáculos, maiores alterações ocorrem em idosos quando estes são submetidos a uma condição de dupla tarefa (HARLEY et al., 2009; MONTERO-ODASSO et al., 2012). Dessa forma, exercícios e treinamentos que envolvam dupla tarefa poderiam ser mais efetivos para melhora da marcha em idosos. Comparando o efeito do treinamento que incluía exercícios de equilíbrio, marcha e agilidade com ou sem dupla tarefa sobre o desempenho na negociação de obstáculos, observou-se que, tanto um grupo que realizou treinamento de dupla tarefa, quanto outro que realizou treinamento de tarefa única, apresentou mudanças significantes na velocidade da marcha (PLUMMER-D'AMATO et al., 2012).

Com relação à influência do exercício em situações de dupla tarefa, um treinamento que envolveu componentes diversos, como treinamento resistido, de equilíbrio, marcha e exercícios funcionais, não teve efeitos sobre o tempo para percorrer um caminho de 5 metros concomitante à realização de dupla tarefa, porém melhorou o desempenho no teste *time-up-and-go* (TUG), quando realizando uma dupla tarefa verbal concomitante (CADORE et al., 2014).

### **1.3 Delimitação do tema**

Embora os estudos tenham demonstrado que o condicionamento físico, especialmente o resultante do treinamento de força (PERSCH et al., 2009), implica em uma série de benefícios para a mobilidade em idosos, pouco se sabe em relação ao fato de se essas vantagens que os idosos ativos têm serem suficientes para garantir segurança na marcha em condições com perturbação mais próximas das tarefas cotidianas presentes na vida destas pessoas. Aguiar et al. (2010) demonstraram que a prática de hidroginástica pode acarretar menor risco de quedas em idosos. Contudo, essa relação não foi testada em condições de dupla tarefa e marcha com perturbações. No dia a dia, os idosos estão expostos a condições de marcha com desafios, como calçadas irregulares, meios-fios de diferentes alturas e situações em que é necessário executar mais de uma tarefa ao mesmo tempo, como por exemplo, atravessar a rua enquanto presta atenção a um semáforo. O papel do exercício, sugerido como ferramenta para melhorar a função cognitiva do idoso (LOVDEN et al., 2013) além do desempenho de locomoção já mencionado

anteriormente, possui resultados controversos na literatura se considerarmos uma situação de marcha desafiadora como as descritas anteriormente.

Sendo assim, a questão norteadora deste estudo foi investigar a biomecânica da marcha com obstáculos, em condição com ou sem dupla tarefa, em idosas, e comparar os resultados entre idosas sedentárias e idosas que praticam exercício físico de maneira regular. Conhecendo a relação existente entre o exercício físico regular e suas adaptações positivas para a marcha e integração sensoriomotora dos idosos aumentam-se as chances de propor intervenções mais eficientes para a melhora da marcha nesta população.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

Avaliar a biomecânica da marcha com obstáculo, em condição com ou sem a dupla tarefa, em idosas sedentárias e fisicamente ativas.

### **2.2 Objetivos específicos**

Analisar a cinemática da marcha de idosas sedentárias, no solo, e quando for necessário transpor um obstáculo, com ou sem a execução de uma dupla tarefa;

Analisar a cinemática da marcha de idosas fisicamente ativas, no solo, e quando for necessário transpor um obstáculo, com ou sem a execução de uma dupla tarefa;

Comparar a cinemática da marcha, no solo, de idosas sedentárias e idosas fisicamente ativas;

Comparar a cinemática da marcha com obstáculo, com e sem a execução de dupla tarefa, entre idosas sedentárias e fisicamente ativas;

Analisar assimetrias na marcha com obstáculo, com ou sem a execução de uma dupla tarefa.

## 3 MATERIAIS E MÉTODOS

### 3.1 Participantes

Ao longo de 6 meses, 41 idosas foram recrutadas da comunidade local para participação no estudo. O recrutamento se deu por publicação de convite para participar do estudo em *websites* (*blogs* de redes sociais e *website* da universidade), bem como convites entregues em centros de convivência de idosos, clubes e piscinas. Após a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão na seleção dos participantes e na avaliação biomecânica, 24 idosas (60 anos ou mais) foram incluídas no estudo. Elas formaram dois grupos, um de idosas sedentárias (n=12) e outro de idosas fisicamente ativas (n=12).

O grupo sedentário (GSED) foi composto por idosas que não praticavam exercício físico regularmente [média (desvio-padrão): idade 63 (2,59) anos; estatura 1,53 (0,07) metros (m); massa corporal 67,88 (15,04) quilogramas (kg)]. Do grupo de idosas fisicamente ativas (GATI) participaram idosas que praticavam 3 sessões ou mais de exercícios físicos semanalmente [média (desvio-padrão): idade 71,08 (7,76) anos; estatura 1,55 (0,04) m; massa corporal 62,84 (5,58) kg]. Dentre as atividades realizadas pelo GATI, destacou-se a prática de hidroginástica de 3 a 4 vezes na semana, combinada com caminhadas.

Todas as participantes assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido (Apêndice A) (protocolo número 0172011, do comitê de ética em pesquisa com seres humanos) e, para serem incluídas, deveriam estar aptas a caminhar de forma independente (sem auxílio de outra pessoa e/ou órtese ou prótese) e não apresentar problemas auditivos, vestibulares, problemas graves de visão e problemas neuromusculoesqueléticos que pudessem afetar a locomoção, verificados através de uma anamnese e avaliação antropométrica (Apêndice C). Nenhuma das participantes apresentou alterações cognitivas, conforme verificado através do Mini Exame do Estado Mental (FOLSTEIN et al., 1975) (Anexo A). As idosas foram também avaliadas quanto à preferência lateral de membro inferior,

através do Inventário revisado de Waterloo (ELIAS et al., 1998) (Anexo B), sendo que todas apresentaram preferência lateral de membro inferior direito.

### **3.2 Avaliação biomecânica da marcha**

A avaliação biomecânica da marcha foi realizada em três diferentes condições, sempre considerando a marcha no solo e sem inclinação, com condições similares de iluminação e reduzidos níveis de ruído:

- 1) marcha sem obstáculo e sem execução de dupla tarefa (3 tentativas);
- 2) marcha com obstáculo e sem execução de dupla tarefa (10 tentativas transpondo o obstáculo com cada um dos membros inferiores – primeiro membro inferior a passar);
- 3) marcha com obstáculo e com execução de dupla tarefa (10 tentativas transpondo o obstáculo com cada um dos membros inferiores – primeiro membro a passar).

A condição de marcha normal foi realizada para analisarmos se os grupos apresentavam diferenças nessa situação. Para a avaliação da marcha com obstáculo o número de tentativas determinado foi maior que na situação de marcha sem obstáculo, devido à maior variabilidade que ocorre na marcha com perturbação (SPRINGER et al., 2006; LAMOTH et al., 2011).

Primeiramente, as participantes realizavam de 3 a 5 tentativas de familiarização com o ambiente e, então era feita a avaliação da marcha normal. Após isso, as demais tentativas ocorriam de forma randomizada entre as condições (com e sem dupla tarefa) e membros inferiores (preferido e não preferido). A avaliação completa de cada sujeito teve duração de aproximadamente uma hora.

Para a aquisição dos dados, as participantes caminharam (descalças) em velocidade autosselecionada ao longo de um trajeto de 8 m de comprimento, onde deveriam transpor um obstáculo, quando este estivesse posicionado no caminho. Além disso, quando fosse necessário, deveriam realizar a dupla tarefa solicitada.

Para a avaliação biomecânica da marcha foi utilizado um sistema de cinematria constituído de 6 câmeras infravermelho (Vicon 624, Oxford, Reino Unido), operando a uma frequência de aquisição de 200 Hertz (Hz). Foram fixados 44

marcadores reflexivos esféricos [14 milímetros (mm) de diâmetro] na pele das participantes, sendo estes posicionados em pontos de referência anatômica na cabeça, tronco, pelve, e nos membros superiores e inferiores (bilateralmente), de acordo com o modelo Plug-In Gait Full Body Modelling (Vicon) (Anexo C). Além dos 39 marcadores que este modelo utiliza, foram adicionados 5 marcadores extras para realização das medidas de interesse (marcadores colocados sobre o hálux, bilateralmente) e para correção de situações em que os marcadores não eram visualizados em alguns quadros durante o processamento (marcadores posicionados sobre a cabeça do 5º metatarso, bilateralmente; e sobre a coxa direita, posicionado na parte anterior da coxa, na mesma altura que o marcador posicionado no lado externo da mesma).

Nas tentativas em que havia a presença do obstáculo, além dos marcadores nos segmentos, foram posicionados quatro marcadores no obstáculo (Figura 1), de modo a permitir sua reconstrução pelo sistema de cinemática. Os dados cinemáticos foram submetidos a um filtro passa baixa *Butterworth* de 4ª ordem, com frequência de corte de 8 Hz. Duas plataformas de força tridimensionais (OR6-6-2000, Advanced Mechanical Technology, Watertown, MA, EUA), operando em taxa de amostragem de 1000 Hz e fixas no nível do solo foram utilizadas para identificação dos eventos da marcha (toque e saída do pé).

O obstáculo vertical (Figura 1) utilizado neste estudo teve formato retangular e foi confeccionado em isopor de baixa densidade [dimensões de comprimento x largura: 80 x 20 centímetros (cm)]. O obstáculo utilizado permitia alterações de sua altura de 1 em 1 cm, sendo que a altura do mesmo era variável entre as participantes, uma vez que sua altura era correspondente a 20% do comprimento do membro inferior da participante (medida feita considerando a distância entre o ponto mais superior do trocânter maior do fêmur, detectado por palpação, até o solo, em medida realizada com o sujeito descalço; o valor utilizado foi a média do comprimento dos dois membros inferiores de cada sujeito). Nas tentativas em que era pertinente, o obstáculo era posicionado entre as duas plataformas de força, a meio caminho do início e do fim do percurso.



Figura 1 – Obstáculo utilizado para a análise da marcha com obstáculo. Notam-se os marcadores de referências posicionados no topo do obstáculo.

A dupla tarefa (DT) empregada em nosso estudo foi uma variação da tarefa de *Stroop*, onde as participantes deveriam responder “sim” quando o avaliador dissesse “azul”, e “não” quando dissesse “vermelho”. Além disso, a participante deveria repetir o nome da cor falada quando o avaliador falasse qualquer outra cor, conforme protocolo utilizado em estudo anterior (ROCHA et al., 2013).

### 3.3 Variáveis

As variáveis biomecânicas da marcha consideradas neste estudo foram as seguintes:

- Ângulos de flexão e extensão de quadril e joelho e flexão dorsal/plantar de tornozelo – membro de abordagem e membro de apoio (ângulos relativos formados entre a pelve e a coxa, entre a coxa e a perna, e entre a perna e o pé, respectivamente): valor de posição angular obtido no instante de medida das distâncias verticais hálux-obstáculo (Figura 2b). Para o membro de abordagem o valor de posição angular foi obtido no instante de ocorrência da distância vertical hálux-obstáculo – pé de abordagem. E para o membro de apoio, o valor de posição angular foi obtido no instante de ocorrência da DV hálux-obstáculo – pé de apoio.

- Distância vertical hálux-obstáculo: distância vertical entre o marcador do hálux e o marcador do obstáculo (Figura 2b). Esta medida foi feita no instante em

que cada pé (pé de abordagem – o primeiro a transpor o obstáculo; e pé de apoio – o segundo a transpor o obstáculo) estivesse posicionado o mais próximo possível dos primeiros marcadores do obstáculo (na direção da progressão). Neste estudo as mesmas foram chamadas de DV hálux-obstáculo – pé de abordagem e de DV hálux-obstáculo – pé de apoio.

- Distância vertical calcanhar-obstáculo (DV calcanhar-obstáculo): distância vertical entre o marcador do calcanhar e o obstáculo (Figura 2c). Esta medida foi feita para o membro de abordagem no instante em que o calcanhar estava posicionado o mais próximo possível (na direção da progressão) do segundo marcador do obstáculo.

- Distância horizontal pé-obstáculo (DH pé-obstáculo): distância horizontal entre o marcador do hálux e o primeiro marcador do obstáculo (Figura 2a). Feita para o membro de apoio, quando o mesmo estava no solo, antes de transpor.

- Distância horizontal obstáculo-pé (DH obstáculo-pé): distância horizontal entre o marcador do calcanhar e o segundo marcador do obstáculo (Figura 2d). Feita para o membro de abordagem, quando o pé estava no solo, após a transposição.

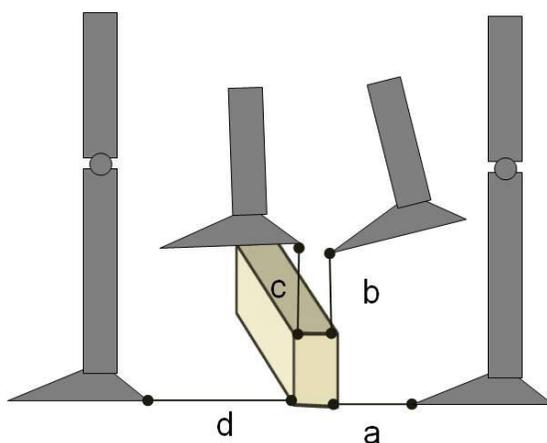


Figura 2 – Ilustração das variáveis cinemáticas relacionadas à posição dos pés e do obstáculo. a – DH pé-obstáculo; b – DV hálux-obstáculo – pé de abordagem e DV hálux-obstáculo – pé de apoio; c – DV calcanhar-obstáculo; d – DH obstáculo-pé.

- Velocidade da marcha: velocidade média do centro de massa, calculada a partir das coordenadas iniciais e finais do centro de massa (na direção da progressão) e o tempo inicial e o final utilizados para percorrer o caminho. Essa medida foi realizada tanto na condição de marcha normal quanto nas condições com obstáculo.

- Comprimento de passo médio: média de todos os passos (normalizado pelo comprimento do membro inferior) ocorridos durante cada tentativa. Todos os comprimentos de passo foram medidos utilizando-se o marcador posicionado sobre a cabeça do segundo metatarso, nos instantes de ocorrência dos eventos da marcha (saída do pé) registrados pela plataforma. Essa medida foi realizada tanto na condição de marcha normal quanto nas condições com obstáculo.

- Comprimento de passo de transposição – membro de abordagem: comprimento de passo (normalizado pelo comprimento do membro inferior; calculado da mesma forma que o comprimento de passo médio) do membro de abordagem durante a transposição do obstáculo.

- Comprimento de passo de transposição – membro de apoio: comprimento de passo (normalizado pelo comprimento do membro inferior; calculado da mesma forma que o comprimento de passo médio) do membro de apoio durante a transposição do obstáculo.

- Comprimento da passada de transposição: soma dos comprimentos do passo de transposição – membro de abordagem e do passo de transposição – membro de apoio (normalizada pelo comprimento do membro inferior).

### **3.4 Análises estatísticas**

Os dados foram submetidos à estatística descritiva, ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk e ao teste de homogeneidade de variâncias de Levene. Foi realizada uma análise de variância em um modelo linear misto considerando um desenho 2x2x2 (grupos, condições e membros inferiores), com correções de Bonferroni para múltiplas comparações. Quando efeitos e/ou interações significativos foram encontrados, comparações entre os grupos foram realizadas

utilizando teste t independente, e comparações entre condições e entre membros inferiores, assim como comparações de um mesmo membro inferior entre duas condições, foram realizadas através de teste t pareado. Todos os testes foram feitos utilizando um pacote estatístico comercial (SPSS Inc. versão 20.0, Chicago IL, EUA) e com nível de significância de 0,05.

## 4 RESULTADOS

As participantes dos dois grupos foram comparadas quanto ao comprimento do passo e velocidade média da marcha em uma condição de marcha normal, sem obstáculo ou realização de dupla tarefa. Nessa comparação, que teve o objetivo de garantir que os grupos não apresentavam diferenças em variáveis básicas da marcha no solo, não foram observadas diferenças quanto ao comprimento de passo [ $t_{(22)}=-0,191$ ;  $p=0,850$ ] e velocidade média da marcha [ $t_{(22)}=-1,609$ ;  $p=0,122$ ].

A condição de marcha com obstáculo foi comparada entre as condições, com ou sem a realização da dupla tarefa, para as passagens pelo obstáculo com o membro inferior preferido e não preferido (considerando sempre o primeiro membro a fazer a passagem pelo obstáculo).

Os resultados estatísticos das comparações feitas entre grupos (grupo sedentário e grupo fisicamente ativo), condições (obstáculo e obstáculo com dupla tarefa) e membros inferiores (preferido e não preferido) são apresentados nas Tabelas 1 a 4 (análise de variância), com os valores de F e p, e nas Figuras 3, 4 e 5 (testes t). Além disso, no Apêndice D, encontra-se uma tabela com os valores médios de cada variável para cada grupo dentro de cada condição e cada membro inferior.

### 4.1 Ângulos de flexão/extensão de quadril e joelho e flexão dorsal/plantar de tornozelo

Para os ângulos articulares de flexão e extensão que consideramos, a prática de exercícios físicos teve influência apenas sobre a articulação do tornozelo do membro de abordagem (Tabelas 1 e 2). A diferença ocorreu nas duas condições de marcha, ambas para o membro inferior não preferido [condição obstáculo:  $t_{(22)}=2,706$ ;  $p=0,013$ ; condição obstáculo com DT:  $t_{(22)}=2,741$ ;  $p=0,012$ ]. Nestas situações, o grupo sedentário apresentou maior flexão dorsal de tornozelo que o grupo ativo (Figura 3c).

Um efeito da condição de marcha foi observado somente para a articulação do tornozelo, tanto para o membro de abordagem, quanto para o de apoio, sendo que para as demais variáveis angulares não houve influência da condição (Tabelas 1 e 2).

A dupla tarefa acarretou mudanças estatisticamente significativas na angulação de tornozelo utilizada para transposição (membro de abordagem), levando a uma redução na flexão dorsal de tornozelo dos sujeitos do grupo ativo, quando transpondo com o membro inferior preferido [ $t_{(11)}=2,957$ ;  $p=0,013$ ; Figura 3c]. Além disso, ocorreu influência da dupla tarefa sobre o ângulo de tornozelo do membro de apoio do grupo sedentário (membro preferido) e do grupo ativo (membro não preferido) (Tabela 1). O GATI apresentou maior flexão plantar na condição obstáculo, e o GSED apresentou flexão plantar na condição obstáculo e flexão dorsal na condição de obstáculo com dupla tarefa [GSED:  $t_{(11)}=-3,217$ ;  $p=0,008$ ; GATI:  $t_{(11)}=-3,583$ ;  $p=0,004$ ; Figura 3f].

Adicionalmente, para o ângulo do joelho do membro de abordagem, o GSED apresentou diferença entre as duas condições para o membro não preferido, sendo que na condição obstáculo os indivíduos flexionaram mais o joelho do que na condição obstáculo com dupla tarefa [ $t_{(11)}=2,373$ ;  $p=0,037$ ; Figura 3b]. Além disso, para essa mesma variável, o GATI apresentou diferença entre as condições para o membro preferido, também apresentando maior flexão de joelho na condição onde não era necessário realizar a dupla tarefa [ $t_{(11)}=2,319$ ;  $p=0,041$ ; Figura 3b].

Para o ângulo de quadril e de joelho, tanto para o membro de abordagem quanto para o membro de apoio, e para o ângulo de tornozelo do membro de apoio, não houve diferenças entre os membros inferiores (Tabelas 1 e 2). Porém, para o ângulo de tornozelo do membro de abordagem, o grupo ativo apresentou assimetrias na condição obstáculo com dupla tarefa [ $t_{(11)}=2,372$ ;  $p=0,037$ ], com o membro preferido apresentando maior flexão dorsal de tornozelo que o não preferido (Figura 3c).

#### 4.2 DV hálux-obstáculo – pé de abordagem

Houve um efeito do grupo e interação entre grupo e membro inferior (Tabelas 3 e 4) para a distância vertical entre o hálux e o obstáculo no pé de abordagem. O grupo de idosas ativas apresentou uma DV hálux-obstáculo – pé de abordagem significativamente maior do que o grupo sedentário, tanto na condição de marcha com obstáculo [ $t_{(22)}=-4,201$ ;  $p<0,001$ ], quanto na marcha com obstáculo com dupla tarefa [ $t_{(22)}=-4,424$ ;  $p<0,001$ ], ambos para o membro inferior não preferido (Figura 4a). Os grupos não diferiram em nenhuma das condições para o membro preferido.

Apenas o grupo sedentário apresentou assimetrias entre os membros inferiores, sendo que nas duas condições de marcha o valor médio desta variável foi significativamente maior para o membro preferido [condição obstáculo:  $t_{(11)}=2,831$ ;  $p=0,016$ ; condição obstáculo com DT:  $t_{(11)}=2,986$ ;  $p=0,012$ ; Figura 4a]. Além disso, quando transpondo o obstáculo com o membro inferior preferido, o GSED apresentou diferença significativa entre as condições [ $t_{(11)}=-2,198$ ;  $p=0,050$ ]. Quando acontecia a dupla tarefa concomitante à transposição, os mesmos aumentaram a DV hálux-obstáculo – pé de abordagem (Figura 4a).

#### 4.3 DV hálux-obstáculo – pé de apoio

Para esta medida, houve um efeito do grupo e um efeito do membro inferior (Tabela 3). Os grupos apresentaram diferenças estatisticamente significativas nas duas condições de marcha, para ambos os membros. Na condição obstáculo (Figura 4c) os valores do GATI foram maiores tanto para o membro preferido [ $t_{(22)}=-5,316$ ;  $p<0,001$ ] quanto para o não preferido [ $t_{(22)}=-5,411$ ;  $p<0,001$ ]. Da mesma forma, na condição obstáculo com DT (Figura 4c), a DV hálux-obstáculo – pé de apoio foi significativamente maior para o grupo ativo para o membro inferior preferido [ $t_{(22)}=-5,011$ ;  $p<0,001$ ] e para o não preferido [ $t_{(22)}=-5,365$ ;  $p<0,001$ ].

Assimetrias foram observadas apenas no grupo ativo, tanto na condição obstáculo [ $t_{(11)}=-4,283$ ;  $p=0,001$ ] quanto na obstáculo com dupla tarefa [ $t_{(11)}=-4,045$ ;  $p=0,002$ ]. Em ambas o membro não preferido apresentou valores médios maiores

que o preferido (Figura 4c). Adicionalmente, o grupo sedentário apresentou diferença significativa entre as duas condições de marcha para o membro preferido [ $t_{(11)}=-2,243$ ;  $p=0,046$ ], com os valores sendo maiores na condição obstáculo com dupla tarefa do que na condição obstáculo (Figura 4c).

#### 4.4 DV calcanhar-obstáculo

Observou-se uma interação entre grupo e membro inferior bem como entre condição e membro inferior (Tabela 4) para a distância vertical calcanhar-obstáculo do pé de abordagem. Os grupos diferiram na condição obstáculo com dupla tarefa (membro não preferido), com o GATI apresentando um valor médio maior que o GSED [ $t_{(22)}=-2,972$ ;  $p=0,007$ ; Figura 4b].

Para o grupo composto por idosas sedentárias, foram encontradas assimetrias entre os membros inferiores na condição obstáculo com dupla tarefa [ $t_{(11)}=2,595$ ;  $p=0,025$ ], sendo que a DV calcanhar-obstáculo – pé de abordagem foi maior para o membro preferido (Figura 4b). Adicionalmente, quando transpondo o obstáculo com o membro preferido, idosas do GSED apresentaram diferença significativa entre as duas condições de marcha com obstáculo [ $t_{(11)}=-2,967$ ;  $p=0,013$ ], sendo que o valor médio para esta variável foi maior na condição de marcha com obstáculo com dupla tarefa (Figura 4b). Já o grupo ativo apresentou assimetrias tanto na condição de marcha com obstáculo [ $t_{(11)}=-3,712$ ;  $p=0,003$ ] quanto na condição obstáculo com dupla tarefa [ $t_{(11)}=-2,247$ ;  $p=0,046$ ], sendo que nas duas situações o valor foi maior para o membro não preferido (Figura 4b).

#### 4.5 DH pé-obstáculo

A análise estatística mostrou um efeito do grupo e da condição, e uma interação entre grupo e condição para a distância horizontal entre pé e obstáculo (Tabelas 3 e 4). Os grupos diferiram significativamente com relação à transposição com o membro não preferido, tanto na condição obstáculo [ $t_{(22)}=-2,069$ ;  $p=0,050$ ]

quanto na condição obstáculo com dupla tarefa [ $t_{(22)}=-4,275$ ;  $p<0,001$ ], com o grupo ativo apresentando média da variável DH pé-obstáculo maior que a do grupo sedentário nas duas condições (Figura 5a).

O grupo ativo apresentou diferença estatisticamente significativa entre as duas condições para o membro não preferido [ $t_{(11)}=-3,813$ ;  $p=0,003$ ], com a condição obstáculo com dupla tarefa apresentando maior DH pé-obstáculo (Figura 5a).

#### 4.6 DH obstáculo-pé

Conforme apresentado nas Tabelas 3 e 4, para esta variável observamos um efeito do grupo e da condição, com interação entre condição e membro inferior. Os grupos apresentaram diferença estatisticamente significativa nas duas condições de marcha, tanto para o membro preferido [condição obstáculo:  $t_{(22)}=-3,678$ ;  $p=0,001$ ; condição obstáculo com dupla tarefa:  $t_{(22)}=-3,509$ ;  $p=0,002$ ] quanto para o não preferido [condição obstáculo:  $t_{(22)}=-3,989$ ;  $p=0,001$ ; condição obstáculo com dupla tarefa:  $t_{(22)}=-4,076$ ;  $p=0,001$ ], sendo que nestas quatro situações o grupo ativo apresentou maiores valores de DH obstáculo-pé que o grupo sedentário (Figura 5b).

Além disso, o GATI apresentou diferença estatisticamente significativa entre as duas condições de marcha para o membro inferior não preferido, sendo que os valores da condição obstáculo foram maiores que os da obstáculo com dupla tarefa (Figura 5b).

O GSED apresentou diferença estatisticamente significativa entre os membros inferiores na condição obstáculo com dupla tarefa [ $t_{(11)}=2,324$ ;  $p=0,040$ ], onde o membro preferido apresentou posicionamento do pé mais distante do obstáculo após a transposição que o não preferido (Figura 5b).

#### 4.7 Velocidade média da marcha

Para a velocidade média da marcha, houve um efeito da condição (Tabela 3). O grupo sedentário apresentou diferença significativa entre as condições para o membro não preferido [ $t_{(11)}=2,370$ ;  $p=0,037$ ]. A velocidade diminuiu quando foi necessário realizar a dupla tarefa concomitantemente [condição obstáculo:  $0,89\pm 0,12$  m/s; condição obstáculo com DT:  $0,87\pm 0,11$  m/s].

No grupo ativo, a velocidade da marcha diminuiu ( $0,97\pm 0,12$  m/s para  $0,94\pm 0,11$  m/s) sob o efeito da dupla tarefa quando transpondo com o membro preferido [ $t_{(11)}=3,767$ ;  $p=0,003$ ], assim como quando as idosas transpuseram o obstáculo com o membro inferior não preferido [ $0,97\pm 0,13$  para  $0,94\pm 0,12$  m/s;  $t_{(11)}=2,501$ ;  $p=0,029$ ].

#### 4.8 Comprimento médio de passo

O comprimento de passo não foi influenciado pela prática de exercícios/sedentarismo, nem pela realização da marcha com obstáculos com ou sem dupla tarefa, tampouco pela preferência lateral, não sendo observados efeitos e/ou interações (Tabelas 3 e 4).

#### 4.9 Comprimento de passo de transposição – membro de abordagem

Observou-se um efeito de grupo para o comprimento de passo de transposição do membro de abordagem (Tabela 3). Houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos na condição obstáculo [ $t_{(22)}=3,434$ ;  $p=0,002$ ] e na condição obstáculo com dupla tarefa [ $t_{(22)}=-2,636$ ;  $p=0,015$ ], ambos para o membro inferior não preferido. Na condição obstáculo o grupo ativo apresentou um maior comprimento de passo que o grupo sedentário ( $63,74\pm 5,12$  % e  $55,62\pm 6,40$  %, respectivamente). Similarmente, na condição obstáculo com dupla

tarefa o comprimento de passo do grupo ativo foi de  $64,37 \pm 5,97$  % e o do grupo sedentário foi de  $57,44 \pm 6,88$  %.

#### **4.10 Comprimento de passo de transposição – membro de apoio**

Para essa medida, não houve efeitos ou interações entre grupo, membro inferior e condição (Tabelas 3 e 4).

#### **4.11 Comprimento da passada de transposição**

A análise estatística não mostrou efeitos e/ou interações significativas para essa variável (Tabelas 3 e 4). Dessa forma, o comprimento da passada de transposição não foi influenciado pela prática de exercícios/sedentarismo, nem pela realização da marcha com obstáculos com ou sem dupla tarefa, e nem pela preferência lateral.

Tabela 1 – Resultados estatísticos considerando os efeitos de grupo, condição e membro inferior (MI) pela análise de variância (valores de F e p) para os ângulos de flexão/extensão de quadril e joelho e flexão dorsal/plantar de tornozelo.

Variável	Grupo		Condição		MI	
	F	p	F	p	F	p
Quadril – membro de abordagem (°)	0,061	0,809	2,451	0,146	2,881	0,118
Quadril – membro de apoio (°)	0,511	0,490	0,406	0,537	0,664	0,433
Joelho – membro de abordagem (°)	0,487	0,500	3,678	0,081	4,958	0,048*
Joelho – membro de apoio (°)	0,001	0,980	2,741	0,126	3,265	0,098
Tornozelo – membro de abordagem (°)	2,189	0,167	5,716	0,036*	0,286	0,603
Tornozelo – membro de apoio (°)	0,583	0,461	13,650	0,004*	0,959	0,348

\*Estatisticamente significativa;  $p \leq 0,05$ .

Tabela 2 – Resultados estatísticos considerando as interações de grupo x condição; grupo x membro inferior (MI); condição x membro inferior (MI); grupo x condição x membro inferior (MI) (valores de F e p) para os ângulos de flexão/extensão de quadril e joelho e flexão dorsal/plantar de tornozelo.

Variável	grupo x condição		grupo x MI		condição x MI		grupo x condição x MI	
	F	p	F	p	F	p	F	p
Quadril – membro de abordagem (°)	1,040	0,330	0,850	0,376	0,072	0,793	1,335	0,272
Quadril – membro de apoio (°)	1,815	0,205	3,915	0,073	2,652	0,132	3,621	0,084
Joelho – membro de abordagem (°)	0,537	0,479	0,482	0,502	1,201	0,297	1,737	0,214
Joelho – membro de apoio (°)	2,598	0,135	0,148	0,708	0,810	0,387	0,250	0,627
Tornozelo – membro de abordagem (°)	1,253	0,287	6,102	0,031*	0,513	0,489	0,717	0,415
Tornozelo – membro de apoio (°)	0,236	0,637	0,952	0,350	0,024	0,879	0,702	0,420

\*Estatisticamente significativa;  $p \leq 0,05$ .

Tabela 3 – Resultados estatísticos considerando os efeitos de grupo, condição e membro inferior (MI) pela análise de variância (valores de F e p) para as variáveis lineares.

Variável	Grupo		Condição		MI	
	F	p	F	p	F	p
DV hálux-obstáculo – pé de abordagem (cm)	15,071	0,003*	1,096	0,318	2,888	0,117
DV calcânhar-obstáculo (cm)	0,922	0,358	0,009	0,927	0,033	0,859
DV hálux-obstáculo – pé de apoio (cm)	63,121	0,000*	0,570	0,466	21,503	0,001*
DH pé-obstáculo (cm)	10,245	0,008*	9,187	0,011*	0,082	0,780
DH obstáculo-pé (cm)	17,650	0,001*	8,674	0,013*	4,718	0,053
Velocidade da marcha (m/s)	1,647	0,226	18,561	0,001*	0,12	0,915
Comprimento de passo médio (%)	2,974	0,113	0,284	0,605	0,450	0,516
Comprimento de passo de transposição – membro de abordagem (%)	5,123	0,045*	2,077	0,177	2,199	0,166
Comprimento de passo de transposição – membro de apoio (%)	0,475	0,505	0,863	0,373	0,013	0,912
Comprimento da passada de transposição (%)	2,225	0,164	0,751	0,405	1,186	0,299

\*Estatisticamente significativa;  $p \leq 0,05$ . DV – distância vertical. DH – distância horizontal.

Tabela 4 – Resultados estatísticos considerando as interações de grupo x condição; grupo x membro inferior (MI); condição x membro inferior (MI); grupo x condição x membro inferior (MI) (valores de F e p) para as variáveis lineares.

Variável	grupo x condição		grupo x MI		condição x MI		grupo x condição x MI	
	F	p	F	p	F	p	F	p
DV hálux-obstáculo – pé de abordagem (cm)	0,584	0,461	6,687	0,025*	0,000	0,997	1,172	0,302
DV calcanhar-obstáculo (cm)	1,217	0,294	12,448	0,005*	6,420	0,028*	3,406	0,092
DV hálux-obstáculo – pé de apoio (cm)	1,463	0,252	3,221	0,100	0,133	0,722	0,249	0,628
DH pé-obstáculo (cm)	6,564	0,026*	0,981	0,343	0,074	0,791	0,887	0,367
DH obstáculo-pé (cm)	0,228	0,642	0,348	0,567	5,745	0,035*	0,058	0,814
Velocidade da marcha (m/s)	1,103	0,316	1,684	0,221	0,025	0,878	0,263	0,618
Comprimento de passo médio (%)	0,498	0,495	0,655	0,435	1,176	0,301	1,236	0,290
Comprimento de passo de transposição – membro de abordagem (%)	0,555	0,472	3,075	0,107	0,341	0,571	0,055	0,819
Comprimento de passo de transposição – membro de apoio (%)	0,315	0,586	0,874	0,370	0,012	0,916	0,244	0,631
Comprimento da passada de transposição (%)	0,701	0,420	4,207	0,065	0,294	0,598	0,128	0,727

\*Estatisticamente significativa;  $p \leq 0,05$ . DV – distância vertical. DH – distância horizontal.

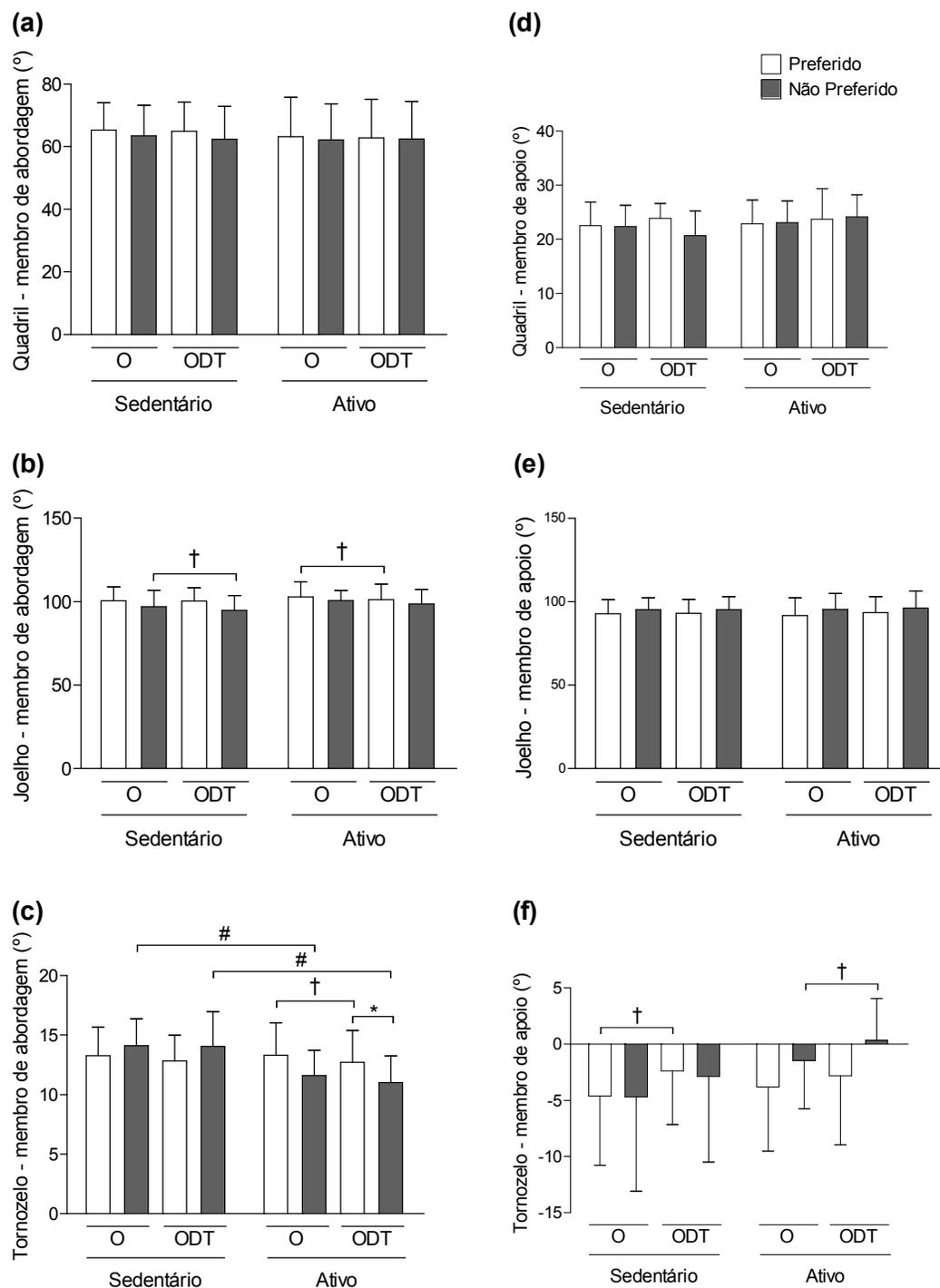


Figura 3 – Ângulos para quadril, joelho e tornozelo. O – condição obstáculo. ODT – condição obstáculo com dupla tarefa. \* indica diferença estatisticamente significativa entre os membros inferiores ( $p \leq 0,05$ ). # indica diferença significativa entre os grupos ( $p \leq 0,05$ ). † indica diferença significativa entre as condições ( $p \leq 0,05$ ). Valores positivos indicam flexão para quadril e joelho, e flexão dorsal para tornozelo; já valores negativos indicam extensão para quadril e joelho, e flexão plantar para tornozelo.

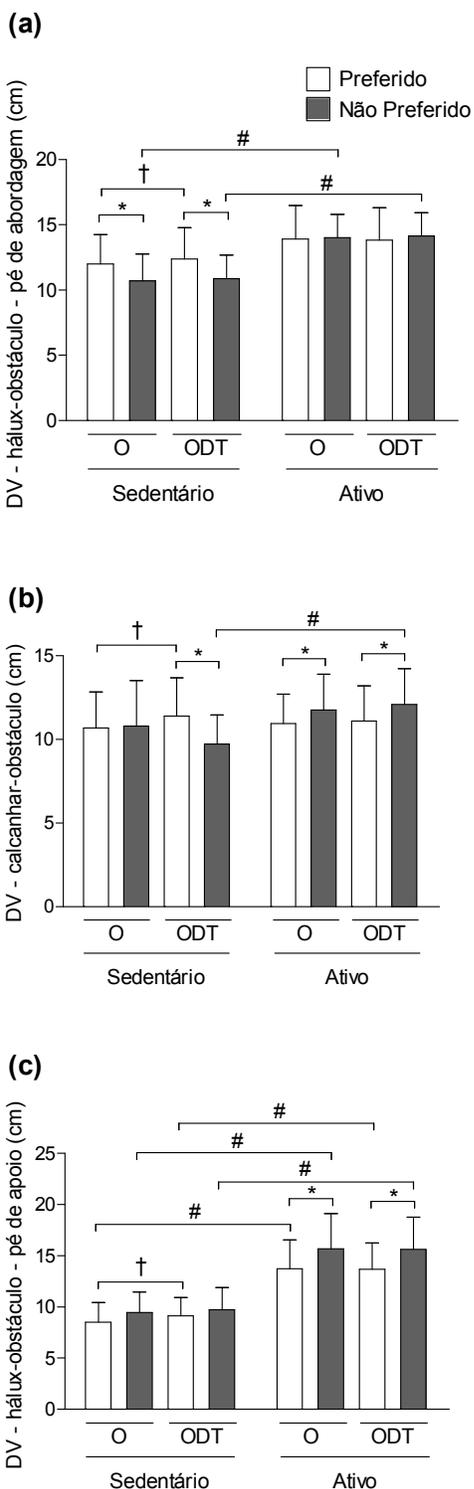


Figura 4 – Distâncias verticais (DV) entre obstáculo e pé. O – condição obstáculo. ODT – condição obstáculo com dupla tarefa. \* indica diferença estatisticamente significativa entre os membros inferiores ( $p \leq 0,05$ ). # indica diferença significativa entre os grupos ( $p \leq 0,05$ ). † indica diferença significativa entre as condições ( $p \leq 0,05$ ).

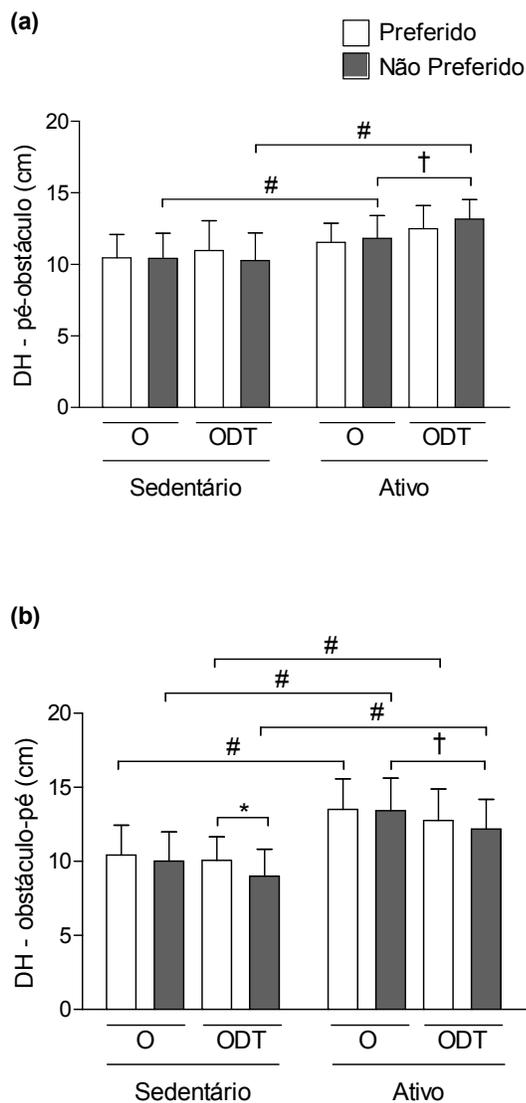


Figura 5 – Distâncias horizontais (DH) entre obstáculo e pé. O – condição obstáculo. ODT – condição obstáculo com dupla tarefa. \* indica diferença estatisticamente significativa entre os membros inferiores ( $p \leq 0,05$ ). # indica diferença significativa entre os grupos ( $p \leq 0,05$ ). † indica diferença significativa entre as condições ( $p \leq 0,05$ ).

## 5 DISCUSSÃO

O envelhecimento é um processo biológico associado com uma série de alterações no organismo que afetam negativamente diversas funções motoras e cognitivas. Dentre os principais efeitos do envelhecimento sobre a qualidade de vida e saúde dos idosos está a incapacidade de realizar tarefas da vida diária e se locomover de maneira independente. Adicionalmente, déficits cognitivos também vêm sendo descritos como impactantes sobre a independência dos idosos. Formas de minimizar essas perdas envolvem intervenções diversas, tais como aquelas farmacológicas (com base em ingestão de substâncias específicas) e comportamentais (com base em mudança de hábitos ou envolvimento em atividades específicas como o exercício físico regular).

Contudo, ainda são poucas as evidências que suportam efeitos do exercício regular sobre a capacidade de marcha em condições com perturbações. Em estudos prévios, o exercício físico esteve relacionado com melhoras na capacidade de locomoção independente em idosos (PERSCH et al., 2009; KATSURA et al., 2010; NEWELL et al., 2012). Contudo, a realização de tarefas cognitivas concomitantes a uma tarefa motora, em um paradigma que chamamos de dupla tarefa, influencia negativamente a locomoção (HOLLMAN et al., 2007; KIM; BRUNT, 2007; PRIEST et al., 2008; AL-YAHYA et al., 2011; BAETENS et al., 2013). Protocolos de avaliação da marcha sob condição de dupla tarefa buscam aproximar a avaliação da marcha em relação a uma condição mais real, como as que os idosos enfrentam no dia a dia, onde diversas perturbações ocorrem, podendo elas acarretar ou não um efeito negativo sobre o padrão de locomoção. Neste sentido, um dos protocolos mais frequentes para avaliar a marcha com perturbação em idosos é a marcha com obstáculos.

O exercício melhora importantes marcadores biomecânicos da marcha em idosos, como a velocidade (CAO et al., 2007; KATSURA et al., 2010), e que o status cognitivo de idosos afeta os parâmetros de marcha (BEAUCHET et al., 2011; MARTIN et al., 2013) e tende a ser melhor para aqueles fisicamente ativos do que idosos sedentários (HEYN et al., 2004; BHERER et al., 2013). Neste estudo investigamos o efeito do exercício físico regular sobre a marcha com obstáculo em

idosas ativas e sedentárias, que realizaram a marcha com ou sem a execução de uma condição de dupla tarefa.

Nossos principais achados sugerem que o exercício físico influencia positivamente algumas variáveis espaciais da marcha, dentre elas as distâncias verticais entre o hálux e o obstáculo, entre o calcanhar e obstáculo e as distâncias horizontais entre o pé e o obstáculo. Adicionalmente, a maioria desses resultados se mantém independente da realização de uma dupla tarefa concomitante à transposição do obstáculo. Além disso, a dupla tarefa causou mudanças específicas para idosas ativas e sedentárias nos ângulos de joelho e tornozelo e para algumas variáveis espaço-temporais, durante passagem pelo obstáculo. Outro achado importante é que para as variáveis em que foram observadas assimetrias, de forma geral, os resultados do grupo sedentário sempre foram melhores para o membro preferido ao passo que no grupo ativo o membro não preferido teve melhor desempenho nessas situações.

Os grupos não diferiram quanto às variáveis analisadas na marcha sem obstáculo e dupla tarefa (velocidade de marcha e comprimento de passo). A velocidade de marcha pode ser um indicador de estado de saúde entre idosos (TOOTS et al., 2013) e, como os grupos não diferiram e apresentaram velocidade média maior que 0,5 m/s, os mesmos podem ser considerados com bom estado de saúde (TOOTS et al., 2013). A seguir é apresentada a discussão dos resultados encontrados, considerando a influência da prática de exercícios físicos sobre a marcha com obstáculo, o efeito da realização de uma dupla tarefa concomitante à transposição de um obstáculo e a influência da preferência lateral sobre essas tarefas.

## **5.1 Efeito do exercício físico**

Nas condições de transposição do obstáculo com o membro preferido, com ou sem a execução de dupla tarefa, no instante de medida das distâncias verticais hálux-obstáculo, os ângulos de flexão/extensão de quadril e joelho e flexão dorsal/plantar de tornozelo foram similares entre os grupos, tanto para o membro de

abordagem como para o membro de apoio. Estudo que avaliou o efeito de um programa de treinamento de força para idosos sobre os mesmos ângulos que analisamos, porém no instante da distância vertical calcânhar-obstáculo, constatou que o programa de treinamento não teve influência sobre a cinemática angular da articulação do quadril, e ainda reduziu a flexão de joelho e a flexão dorsal de tornozelo após a intervenção (LAMOUREUX et al., 2003). Com a influência do exercício físico, tanto em nosso estudo quanto no estudo de Lamoureux et al. (2003), esperava-se que os sujeitos conseguissem aumentar a flexão dessas articulações, o que levaria a um aumento das distâncias verticais do pé para o obstáculo, e isto poderia estar relacionado com o fato de idosos ativos terem mais força da musculatura flexora de quadril e joelho e dos flexores dorsais do tornozelo.

Um dos motivos para esperar benefícios do exercício físico sobre a marcha de idosos é justamente o ganho de força. A força de membros inferiores está relacionada ao desempenho em uma tarefa de marcha com obstáculos para idosos, logo, o treinamento de força para a musculatura dos membros inferiores pode melhorar a capacidade dos idosos para negociar ambientes desafiadores (LAMOUREUX et al., 2002).

Apesar das similaridades nos ângulos articulares, os grupos diferiram quanto à DV hálux-obstáculo do pé de apoio nas duas condições de marcha, mostrando que os ângulos no plano analisado parecem não ter grande influência sobre essa distância vertical, já que mesmo com eles se mantendo iguais nos dois grupos, o grupo ativo conseguiu transpor o obstáculo com uma maior DV hálux-obstáculo do pé de apoio que o grupo sedentário. Como diferenças foram observadas em variáveis cinemáticas lineares, apesar de não terem existido para os ângulos, é importante mencionar que existe a possibilidade de alterações compensatórias acontecerem em outros planos de movimento, como por exemplo, mudanças nos ângulos de adução e abdução do quadril, o que não investigamos nesse estudo. Futuras análises com relação a isso podem revelar influência adicional do exercício sobre as estratégias adotadas.

Um aspecto adicional que poderia afetar as distâncias verticais e também os ângulos adotados na transposição, com relação ao membro de apoio, poderia ser a distância horizontal pé-obstáculo (membro de apoio, antes da transposição) (CHOU; DRAGANICH, 1998). O que observamos é que a DV hálux-obstáculo – pé de apoio, que foi maior para o GATI, pode ter sido influenciada pela maior DH pé-obstáculo

adotada pelos mesmos. Esse planejamento prévio à transposição, que as mulheres do grupo ativo adotaram, pode ser benéfico e seguro para adquirir a DV hálux-obstáculo – pé de apoio, uma vez que há mais espaço para progressivamente elevar o membro de balanço até chegar ao obstáculo, o que não ocorreu para os indivíduos sedentários. Idosas sedentárias colocaram o pé de apoio mais próximo ao obstáculo, e não conseguiram atingir a mesma distância vertical na passagem por ele. Ressaltamos, ainda, que o membro de apoio na situação analisada aqui é o não preferido, o que mostra que as praticantes de exercício conseguem ter melhor controle do mesmo, adotando um planejamento prévio à transposição e fazendo com que ela seja realizada de forma segura, uma vez que conseguiram desempenhar melhor a tarefa do que o grupo sedentário.

Os resultados mencionados acima sugerem que a adoção antecipada de uma estratégia de transposição segura (já antes de transpor o obstáculo), pode permitir que o sujeito consiga passar com ambos os membros inferiores pelo obstáculo de maneira segura, sem riscos de tocar o mesmo antes, durante e após a passagem. Outro fator importante é que o posicionamento do pé de apoio mais próximo do obstáculo antes da transposição reduz os ângulos de flexão de quadril, joelho e tornozelo do membro de apoio no instante da distância vertical pé-obstáculo, assim como a diminuições nessa distância vertical e a contato do membro de apoio com o obstáculo na transposição, sendo que quanto menor for a DH pé-obstáculo, maior é o número de contatos que ocorrem (CHOU; DRAGANICH, 1998).

A organização dessa estratégia de passagem pelo obstáculo pode ter participação da visão, que nos fornece informações de distâncias quase instantaneamente e, assim, permite interpretar e realizar uma ação antecipatória antes de atingir o local de uma potencial perturbação (PATLA, 1997), ainda que essa capacidade possa ser afetada pelo tempo disponível para negociar com o obstáculo bem como a capacidade de inibição de movimentos (POTOCANAC et al., 2014). Em nosso estudo, as idosas enxergavam o obstáculo ao longo de todo o trajeto, de modo que o tempo disponível para a resposta motora (passagem pelo obstáculo) não pode ser manipulada. Sabe-se que idosos apresentam dificuldades em negociar obstáculos quando o tempo disponível para resposta é manipulado (WEERDESTYEN et al., 2005). Além disso, a visão pode nos dar informações sobre as características de algo inanimado à distância (PATLA, 1997). Dessa forma, a importância do sistema visual para a transposição de um obstáculo pode residir no

fato de que quando o sujeito posiciona o membro de apoio previamente à transposição ele tem a visão do mesmo, e pode se beneficiar dela para adquirir uma DH pé-obstáculo adequada. Porém, quando faz a transposição com o membro que antes era de apoio, as informações visuais são bastante reduzidas já que ele precisa olhar para frente visando o próximo passo. Para compensar isso é necessário um planejamento prévio adequado ou utilizar outro tipo de informação. Nesse sentido, o exercício físico parece ter efeito benéfico sobre a transposição com o membro de apoio, uma vez que os indivíduos ativos posicionaram o pé mais longe do obstáculo antes de transpor e apresentaram uma maior DV hálux-obstáculo – pé de apoio nas duas condições de marcha.

Ainda analisando a transposição do obstáculo com o membro preferido, observamos também que o grupo ativo adotou maior DH obstáculo-pé (adquirida pelo membro de abordagem após a transposição) que o grupo sedentário, tanto na condição obstáculo, quanto na condição obstáculo com dupla tarefa. A DH obstáculo-pé também depende de um posicionamento adequado dos membros antes da transposição. A DV hálux-obstáculo – pé de abordagem não diferiu entre os grupos, porém esperava-se que a DH obstáculo-pé estivesse relacionada à essa distância vertical, uma vez que poderíamos pensar que quanto mais alto o pé estiver, e quanto mais flexionado estiver o membro inferior, maior seria a distância horizontal alcançada quando o pé tocasse o solo. Além disso, essa distância horizontal também poderia estar relacionada ao posicionamento angular na transposição, o que não foi visto no presente estudo. No entanto, após um programa de treinamento de força, uma redução na flexão de joelho e de tornozelo ocorreu no instante da distância vertical calcanhar-obstáculo, juntamente com um aumento da DH obstáculo-pé em idosos (LAMOUREUX et al., 2003). Embora não tenhamos analisado no presente estudo, pode ser que a posição horizontal do centro de massa em relação ao obstáculo influencie essa relação entre as distâncias verticais e horizontais, pois um deslocamento para frente do centro de massa, ou até mesmo uma flexão do tronco aumentada, pode forçar o sujeito a executar um passo maior e com isso alcançar uma distância obstáculo-pé maior.

Outro fator que pode influenciar a distância vertical com que o pé passa pelo obstáculo e também a DH obstáculo-pé é a modalidade de exercício praticado. Idosas que praticam Tai-Chi-Chuan apresentam melhores resultados para a distância vertical do que praticantes de caminhada, assim como também adquirem

maior DH obstáculo-pé (ZHANG et al., 2011). No presente estudo não consideramos o tipo de exercício praticado para a análise, porém observamos que a prática de hidroginástica e caminhada foram atividades predominantes no grupo de idosas fisicamente ativas.

Quando a transposição foi realizada com o membro não preferido, no momento das distâncias verticais hálux-obstáculo, foi observada apenas diferença quanto ao ângulo de tornozelo do membro de abordagem (não preferido), onde o grupo sedentário apresentou maior flexão dorsal nas duas condições de marcha. Esse comportamento pode representar menor risco de os indivíduos sedentários tocarem o obstáculo e, conseqüentemente, tropeçar e sofrer uma queda. Porém, essa melhor estratégia não teve reflexos positivos sobre a DV hálux-obstáculo – pé de abordagem, já que o grupo ativo conseguiu ter uma maior distância do pé até o obstáculo na transposição com o membro não preferido, tanto na condição obstáculo quando na condição obstáculo com DT.

Além disso, idosas praticantes de exercícios, nas duas condições, com o membro não preferido, além de terem alcançado uma maior DV hálux-obstáculo – pé de abordagem, também posicionaram o pé de abordagem mais longe do obstáculo (DH obstáculo-pé) do que idosas sedentárias nas duas condições de marcha. O mesmo padrão foi observado na condição obstáculo com dupla tarefa quando elas passaram pelo obstáculo com maior distância do calcanhar até o obstáculo (DV calcanhar-obstáculo), reduzindo a chance de tocar o calcanhar no obstáculo. Estudos que corroboram os nossos achados mostram que a DV calcanhar obstáculo é beneficiada pelo treinamento de força (LAMOUREUX et al., 2003) e que a DH obstáculo-pé também pode aumentar após um programa de treinamento (WEERDESTTEYN et al., 2008).

Além disso, estudo que analisou os locais mais prováveis de contato do pé com o obstáculo, constatou que, para o pé de abordagem, a DV calcanhar-obstáculo – membro de abordagem foi o momento em que o pé esteve mais próximo do obstáculo na grande maioria das tentativas. Para o membro de apoio e obstáculos mais baixos (10 cm de altura) o momento mais provável de toque no obstáculo é no instante da DV hálux-obstáculo – membro de apoio. Por fim, para obstáculos mais altos (40 cm), o maior risco ocorre quando o hálux do membro de apoio está sobre o segundo marcador do obstáculo (RAMACHANDRAN et al., 2007). Como as idosas ativas que avaliamos apresentaram melhor DV calcanhar-obstáculo e melhor DV

hálux-obstáculo – membro de apoio, é possível afirmar que elas apresentam menores chances de tocar o obstáculo e sofrer uma queda.

Dessa forma, observamos que o grupo sedentário apresentou um melhor posicionamento angular para o tornozelo no instante da transposição do obstáculo, mas não para as demais medidas. Esse padrão pode resultar do fato de que os sedentários se preocupam apenas em erguer mais a ponta do pé, sem fazer ajustes na marcha antes e depois da passagem pelo obstáculo. Apesar do melhor posicionamento angular, isso não teve influência sobre as medidas feitas do membro inferior com relação ao obstáculo, onde os indivíduos ativos tiveram melhores resultados, que é o que realmente determina se um toque no obstáculo irá acontecer. Com isso, os idosos sedentários podem apresentar uma dependência muito grande da musculatura dorsiflexora para garantir a distância vertical do pé ao obstáculo, o que pode representar risco se considerarmos que idosos apresentam uma redução da dorsiflexão (KEMOUN et al., 2002) e que idosos caídores apresentam melhor amplitude de movimento no tornozelo, além de um atraso na dorsiflexão na fase de balanço da marcha (NITZ; CHOY, 2004).

Na grande maioria das variáveis cinemáticas que diferiram entre os grupos, idosas ativas apresentaram melhores resultados que sedentárias, tanto na condição obstáculo quanto na condição obstáculo com dupla tarefa, mostrando que idosas ativas têm melhor capacidade de lidar com perturbações na marcha. Ressaltamos que os estudos que fizeram a análise da influência de algum exercício físico sobre a marcha com obstáculos e dupla tarefa não analisaram os membros preferido e não preferido separadamente.

Em nosso estudo, a DH pé-obstáculo não diferiu entre os grupos (quando transpondo com o membro não preferido), o que vai ao encontro ao estudo de Lamoureux et al., 2003, que mostrou que um programa de treinamento de força desenvolvido ao longo de 24 semanas levou a uma redução da DH pé-obstáculo, mostrando que o exercício pode não ter influência positiva sobre a DH pé-obstáculo. Adicionalmente, outro estudo constatou que praticantes de Tai Chi Chuan apresentam maiores valores para essa variável do que indivíduos praticantes de caminhada (ZHANG et al., 2011), o que reforça a discussão sobre a influência do tipo de exercício desenvolvido e seus efeitos sobre a marcha com obstáculo.

## 5.2 Efeito da dupla tarefa

Desafiar a capacidade de atenção dos idosos pode ser importante para revelar diferenças que colocariam os mesmos em risco de tropeçar e possivelmente sofrer uma queda durante o andar (KIM; BRUNT, 2007). Adicionalmente, muitos tropeços, deslizos e/ou esbarrões que acontecem no dia-a-dia ocorrem durante a realização de duas tarefas concomitantes, onde a atenção é dividida, como atravessar uma rua, ou caminhar enquanto conversa ao telefone. Os efeitos da dupla tarefa sobre a função motora de idosos têm sido amplamente investigados. Atualmente, considera-se que a execução de uma tarefa concomitante, de cunho cognitivo, pode afetar questões como o senso de posição articular no tornozelo (YASUDA et al., 2014), e em situações de tempo restrito para a transposição de um obstáculo, ela aumenta as chances de contato do pé com o obstáculo, além de retardar o tempo de resposta muscular durante a marcha (HEGEMAN et al., 2012). Adicionalmente, os efeitos ocorrem independentemente da tarefa focal, seja ela a cognitiva ou não (YECHIAM; HOCHMAN, 2014). Por fim, existem questionamentos sobre o impacto do exercício em funções motoras desempenhadas em combinação com dupla tarefa (GOBBO et al., 2014).

A dupla tarefa acarreta diminuição da velocidade da marcha no idoso, inclusive em situações em que não há a presença de obstáculos (SPRINGER et al., 2006; BAETENS et al., 2013). Esse efeito resulta da maior demanda cognitiva ao executar tarefas concomitantes, aumentando também a variabilidade da marcha (SPRINGER et al., 2006; LAMOTH et al., 2011). O aumento da variabilidade da marcha prejudica a locomoção, devido a padrões de passo inconsistentes e reduzido controle postural, aumentando o risco de quedas (HOLLMAN et al., 2007; PRIEST et al., 2008; AL-YAHYA et al., 2011; BAETENS et al., 2013). Em nosso estudo, a realização da dupla tarefa também acarretou redução na velocidade da marcha, sendo que no grupo sedentário a redução ocorreu apenas quando transpondo com o membro não preferido e no grupo ativo quando transpondo com ambos os membros.

A noção de dimensionamento adequado da distância vertical com que o pé passa sobre o obstáculo durante a transposição do obstáculo é crucial para uma transposição segura e eficiente (KIM; BRUNT, 2007). Para o grupo sedentário, transpondo o obstáculo com o membro preferido, houve influência da dupla tarefa

sobre a DV hálux-obstáculo – pé de abordagem, e sobre a DV calcânhar-obstáculo. O valor médio dessas variáveis foi maior na condição obstáculo com dupla tarefa, talvez por idosas sedentárias apresentarem mais insegurança na hora de transpor um obstáculo, ou por terem dado mais atenção à tarefa de transpor do que à segunda tarefa. A literatura é controversa quanto à influência da dupla tarefa sobre as distâncias verticais, já que em nosso estudo duas das três distâncias verticais que foram medidas aumentaram, e outros estudos mostram que elas reduzem ou não são influenciadas (KIM; BRUNT, 2007; SOMA et al., 2010).

Nesse sentido, alguns estudos apontam que em condições mais desafiadoras, como por exemplo, quando é necessário transpor obstáculos mais altos, idosos acabam aumentando a distância vertical do pé para o obstáculo, quando realizando a transposição com o membro de abordagem, mas não com o membro de apoio (LU et al., 2006), o que corrobora os nossos resultados, mostrando que idosos sedentários apresentam um comportamento comum para idosos. Além disso, a realização da dupla tarefa pode afetar questões como o senso de posição articular no tornozelo em jovens (YASUDA et al., 2014), e talvez esta seja uma questão que requeira investigação no idoso.

Quando o grupo sedentário cruzou o obstáculo com o membro não preferido houve influência da DT sobre o ângulo de flexão e extensão de joelho do membro de abordagem, ocorrendo redução da flexão de joelho na condição obstáculo com DT, o que poderia levar a uma maior aproximação do pé com o obstáculo. Porém, não foi o que ocorreu nesse estudo, já que os mesmos mantiveram a DV hálux-obstáculo – pé de abordagem na condição obstáculo com DT. Além disso, também quando transpondo com o membro não preferido, observou-se diferença entre o ângulo de tornozelo do membro de apoio (nesse caso o preferido) entre as condições, com redução na flexão plantar na condição obstáculo com DT, teoricamente reduzindo as chances de o membro de apoio tocar o obstáculo, o que foi confirmado com os resultados da variável DV hálux-obstáculo – pé de apoio, que foram maiores na condição obstáculo com dupla tarefa, mostrando que talvez o ângulo adotado pode ter tido relação com a distância vertical adquirida. Esse resultado é o mesmo encontrado em outro estudo que avaliou idosos com déficits de equilíbrio, que também aumentaram a distância vertical do pé de apoio (SIU et al., 2008).

Comparados a jovens, idosos apresentam maior flexão de quadril na transposição do obstáculo, porém, a mesma flexão de joelho e tornozelo, tanto

quando transpondo com o membro de abordagem quanto com o membro de apoio (LU et al., 2006). Este resultado sugere uma dependência da ação de flexores do quadril em idosos, o que pode ser pouco segura. Isto porque a fraqueza de músculos que cruzam o quadril tem sido descrita em idosos e associada com dificuldades na marcha (CARTY et al., 2012). É possível que o membro de abordagem dependa mais dos movimentos de flexão do quadril, enquanto o membro de apoio requeira maior flexão do joelho na passagem do obstáculo. Este padrão seria necessário porque, para o membro de abordagem, a negociação começa com o idoso em frente ao obstáculo, de modo que flexionar muito o joelho possa requerer uma flexão do quadril ainda maior para passar pelo obstáculo. Por outro lado, quando o membro de apoio cruza o obstáculo, a negociação ocorre mais tarde, e nesse caso a flexão do quadril geraria um movimento similar a um “chute”, sendo mais seguro flexionar mais o joelho para que a passagem ocorra com sucesso.

As praticantes de exercício físico, quando transpondo com o membro preferido, apresentaram, assim como as sedentárias, redução na flexão de joelho do membro de abordagem na condição obstáculo com dupla tarefa. Além disso, houve uma redução da flexão dorsal do tornozelo do membro de abordagem na condição obstáculo com DT. Esses dois resultados poderiam levar a uma diminuição da DV hálux-obstáculo – pé de abordagem. Contudo, não foi isso que observamos. De alguma outra forma, as idosas conseguiram compensar essas alterações angulares e manter a referida distância vertical na condição de dupla tarefa, o que está de acordo com estudo realizado anteriormente (SIU et al., 2008). Adicionalmente, idosas ativas realizando a condição obstáculo apresentaram o tornozelo do membro de apoio (não preferido) em flexão plantar, e na condição com dupla tarefa o mesmo estava em flexão dorsal. Outro aspecto relacionado a isso é que houve um aumento da DH pé-obstáculo na condição obstáculo com dupla tarefa, mas que, por sua vez, não teve reflexos sobre a DV hálux-obstáculo – pé de apoio, que se manteve similar nas duas condições, resultado similar ao encontrado por Schrod et al., 2004. Esses dois últimos resultados mostram que o exercício físico pode estar contribuindo para que os idosos consigam ter um melhor controle do membro não preferido até mesmo em situações onde é necessário realizar duas tarefas concomitantemente. Quando o grupo ativo realizou a transposição com o membro não preferido, observou-se apenas uma redução da DH obstáculo-pé na condição obstáculo com dupla tarefa, corroborando outro estudo (SCHRODT et al., 2004).

### 5.3 Assimetrias na marcha

Assimetrias na marcha têm sido prioritariamente estudadas considerando sujeitos com algum acometimento, tais como acidentes vasculares cerebrais, lesões de joelho, osteoartrite, neuropatias e disfunções neurológicas, como Alzheimer e Parkinson. Em geral, esses estudos sugerem que as assimetrias progridem com o avanço das doenças, especialmente aquelas em que algum acometimento unilateral ocorre (LEWEK et al., 2010; PATTERSON et al., 2010; MILLS et al., 2013). Dessa forma, assumir simetria de membros inferiores durante a marcha pode influenciar na interpretação dos resultados, já que assimetrias frequentemente indicam a presença de patologias (SADEGHI et al., 2000), assim como são inerentes a prática de diferentes formas de locomoção (CARPES et al., 2010).

A lateralidade pode ser uma explicação para as assimetrias funcionais que são encontradas entre os membros inferiores, sendo que enquanto o membro preferido busca alcançar uma meta, o membro não preferido atua dando suporte (SADEGHI et al., 2000). Quando assimetrias são investigadas em jovens e idosos independentes, observa-se que os idosos apresentam maior distância vertical do pé para o solo com o membro inferior não preferido, o que reflete uma assimetria funcional, sugerindo que o membro não preferido assume um papel de estabilização na marcha (NAGANO et al., 2011). Adicionalmente, idosos que apresentam assimetrias na força de membros inferiores apresentam maior variabilidade e assimetrias na marcha, o que se torna mais marcante quando a velocidade da marcha é aumentada (LAROCHE et al., 2012). Embora pouco discutida na literatura, essa possibilidade de diferente desempenho entre os membros inferiores parece estar relacionada com assimetrias entre os membros inferiores para características como força máxima e taxa de desenvolvimento de força (SCHIMIDT et al., 2014) que refletem assimetrias na marcha com obstáculo (ROCHA et al., 2013).

Em nosso estudo, na condição de marcha com obstáculo, o grupo sedentário apresentou assimetrias somente para a DV hálux-obstáculo – pé de abordagem, com o membro preferido apresentando maior valor que o não preferido. Tal resultado sugere maior risco de tocar o obstáculo quando esses indivíduos precisam passar por ele com o membro usualmente não utilizado para tarefas de mobilização. É possível que isso aconteça devido a assimetrias na funcionalidade dos membros

inferiores, como a força muscular, descrita como assimétrica para idosos, mas não para jovens e crianças (SCHIMIDT et al., 2014).

Entre idosas ativas realizando a condição de marcha com obstáculo, observamos assimetrias para a DV hálux-obstáculo – pé de apoio e para a DV calcânhar-obstáculo. Porém, ao contrário das idosas sedentárias, o membro não preferido teve melhores resultados do que o preferido. Esse resultado pode significar que as idosas ativas conseguem manter um padrão bom ou até melhor quando realizando essas tarefas com o membro inferior não preferido, ao contrário do que ocorre para idosas sedentárias. Estudo que analisou assimetrias em um grupo de idosos independentes e não treinados constatou que, para a distância vertical entre o obstáculo e o membro de apoio, o membro inferior preferido apresentou maior distância na transposição do obstáculo (ROCHA et al., 2013).

Quando a dupla tarefa precisou ser realizada juntamente com a transposição, o grupo sedentário novamente mostrou assimetria para a DV hálux-obstáculo – pé de abordagem. Porém, houve assimetrias para um número maior de variáveis nessa condição, já que houve assimetrias também para a DV calcânhar-obstáculo e para a DH obstáculo-pé. Em todas essas situações de assimetrias, o membro preferido apresentou maiores distâncias do pé para o obstáculo. Com relação à DH obstáculo-pé, estudo anterior observou que idosos posicionaram o pé mais longe do obstáculo quando transpondo com o membro inferior não preferido (ROCHA et al., 2013), o que vai de encontro aos nossos achados.

O grupo ativo, na condição de obstáculo com dupla tarefa, também manteve as assimetrias apresentadas na condição obstáculo (DV hálux-obstáculo – pé de apoio e DV calcânhar-obstáculo), novamente com o membro não preferido tendo maiores distâncias do pé para o obstáculo. Além disso, foi possível verificar uma assimetria no ângulo de tornozelo do membro de abordagem, com maior flexão dorsal no membro preferido. Se retomarmos a discussão sobre o papel da flexão dorsal do tornozelo durante a passagem pelo obstáculo, a assimetria observada para esse ângulo poderá sugerir alguma influência da preferência lateral sobre a capacidade de maximizar a distância vertical pela dorsiflexão. Se os idosos possuem mais força para músculos que cruzam a articulação do tornozelo, como fora observado para musculatura do quadríceps (SCHIMIDT et al., 2014), é possível que essa assimetria angular esteja relacionada com assimetrias de força.

Assimetrias na passagem por obstáculo são mais frequentes em idosos do que em adultos jovens (ROCHA et al., 2013). Em nosso estudo, analisando idosas ativas e sedentárias, o número de assimetrias encontradas foi semelhante entre os grupos. Dessa forma, nossos resultados não permitem afirmar que o exercício influencia de maneira positiva para a redução de assimetrias na marcha com obstáculo. É possível que as modalidades de exercícios praticadas pelas sujeitas do estudo podem não ser favoráveis à redução de assimetrias. Porém, observamos que ocorreram mais assimetrias em ambos os grupos quando era necessário realizar a dupla tarefa concomitante à transposição do obstáculo, o que corrobora com resultados encontrados em estudo anterior (ROCHA et al., 2013).

## 6 CONCLUSÕES

Concluimos, a partir deste estudo, que o exercício físico contribui para uma transposição mais segura de obstáculo na marcha das idosas avaliadas, até mesmo quando realizando uma dupla tarefa. Idosas fisicamente ativas apresentaram valores maiores para as distâncias verticais entre hálux e o obstáculo, distância vertical entre calcanhar e o obstáculo e distâncias horizontais entre pé e o obstáculo nas duas condições de marcha (exceto para distância entre o calcanhar e o obstáculo, que foi diferente apenas na situação obstáculo com dupla tarefa). Esse padrão foi consistente para ambos os membros, quando transpondo o obstáculo com o membro preferido e/ou com o não preferido. Observamos também que a dupla tarefa acarretou mudanças específicas para o grupo ativo e para o grupo sedentário nos ângulos de joelho e tornozelo, assim como para algumas variáveis espaço-temporais da marcha com obstáculo. Por fim, para as variáveis em que existiram assimetrias entre os dois membros inferiores, no grupo sedentário os valores foram maiores para o membro inferior preferido e no grupo ativo foram maiores para o não preferido.

## **7 APLICAÇÕES PRÁTICAS E PERSPECTIVAS FUTURAS**

Através da realização desta pesquisa, pudemos observar resultados importantes acerca dos benefícios do exercício físico para uma locomoção segura do idoso. Constatamos que a prática de exercício físico traz benefícios para a transposição de obstáculos por mulheres idosas, tanto em situações em que esta é a única tarefa sendo realizada, quanto em situações de atenção dividida, ressaltando a importância da participação dessa população em programas regulares de exercícios físicos. Ainda que as assimetrias na marcha tenham sido associadas com riscos de queda em estudos prévios, nossos resultados não denotaram efeitos do exercício físico regular sobre assimetrias na marcha, já que os padrões foram similares entre os grupos.

A conclusão deste estudo abre campo para questões adicionais. Inicialmente, seria interessante verificar a influência de diferentes programas de exercícios sobre a cinemática da marcha com obstáculo, e também sobre a influência de diferentes componentes funcionais, como por exemplo, a força, para a realização dessa tarefa. Considerando a transferência do conhecimento para o dia a dia, considerar obstáculos sequenciais no solo, bem como obstáculos com menor tempo disponível para resposta do idoso podem servir para melhor quantificar o efeito do exercício sobre os padrões de marcha com perturbações como a estudada aqui.

## 8 REFERÊNCIAS

AGUIAR, J. B. D.; PAREDES, P. F. M.; GURGEL, L. A. Análise da efetividade de um programa de hidroginástica sobre o equilíbrio, o risco de quedas e o IMC de mulheres idosas. **Revista Brasileira de Atividade Física e Saúde**, v.15, n.2, p. 115-119, 2010.

AL-YAHYA, E.; DAWES, H.; SMITH, L.; DENNIS, A.; HOWELLS, K.; COCKBURN, J. Cognitive motor interference while walking: a systematic review and meta-analysis. **Neurosci Biobehav Rev**, v.35, n.3, Jan, p. 715-28, 2011.

ALMEIDA, C. W.; CASTRO, C. H.; PEDREIRA, P. G.; HEYMANN, R. E.; SZEJNFELD, V. L. Percentage height of center of mass is associated with the risk of falls among elderly women: A case-control study. **Gait & Posture**, v.34, n.2, p. 208-212, 2011.

BAETENS, T.; DE KEGEL, A.; PALMANS, T.; OOSTRA, K.; VANDERSTRAETEN, G.; CAMBIER, D. Gait analysis with cognitive-motor dual tasks to distinguish fallers from nonfallers among rehabilitating stroke patients. **Arch Phys Med Rehabil**, v.94, n.4, Apr, p. 680-6, 2013.

BARRETT, R. S.; MILLS, P. M.; BEGG, R. K. A systematic review of the effect of ageing and falls history on minimum foot clearance characteristics during level walking. **Gait Posture**, v.32, n.4, Oct, p. 429-35, 2010.

BEAUCHET, O.; ALLALI, G.; THIERY, S.; GAUTIER, J.; FANTINO, B.; ANNWEILER, C. Association between high variability of gait speed and mild cognitive impairment: a cross-sectional pilot study. **J Am Geriatr Soc**, v.59, n.10, Oct, p. 1973-4, 2011.

BEGG, R. K.; SPARROW, W. A. Ageing effects on knee and ankle joint angles at key events and phases of the gait cycle. **J Med Eng Technol**, v.30, n.6, Nov-Dec, p. 382-9, 2006.

BHERER, L.; ERICKSON, K. I.; LIU-AMBROSE, T. A Review of the Effects of Physical Activity and Exercise on Cognitive and Brain Functions in Older Adults. **J Aging Res**, v.2013, p. 657508, 2013.

BRACH, J. S.; PERERA, S.; STUDENSKI, S.; KATZ, M.; HALL, C.; VERGHESE, J. Meaningful change in measures of gait variability in older adults. **Gait Posture**, v.31, n.2, Feb, p. 175-9, 2010.

BROWN, L. A.; MCKENZIE, N. C.; DOAN, J. B. Age-dependent differences in the attentional demands of obstacle negotiation. **J Gerontol A Biol Sci Med Sci**, v.60, n.7, Jul, p. 924-7, 2005.

BUCHNER, D. M.; CRESS, M. E.; DE LATEUR, B. J.; ESSELMAN, P. C.; MARGHERITA, A. J.; PRICE, R.; WAGNER, E. H. The effect of strength and endurance training on gait, balance, fall risk, and health services use in community-living older adults. **J Gerontol A Biol Sci Med Sci**, v.52, n.4, Jul, p. M218-24, 1997.

CADORE, E. L.; CASAS-HERRERO, A.; ZAMBOM-FERRARESI, F.; IDOATE, F.; MILLOR, N.; GOMEZ, M.; RODRIGUEZ-MANAS, L.; IZQUIERDO, M. Multicomponent exercises including muscle power training enhance muscle mass, power output, and functional outcomes in institutionalized frail nonagenarians. **Age (Dordr)**, v.36, n.2, Apr, p. 773-85, 2014.

CAMPBELL, A. J.; BORRIE, M. J.; SPEARS, G. F.; JACKSON, S. L.; BROWN, J. S.; FITZGERALD, J. L. Circumstances and consequences of falls experienced by a community population 70 years and over during a prospective study. **Age Ageing**, v.19, n.2, Mar, p. 136-41, 1990.

CAO, Z. B.; MAEDA, A.; SHIMA, N.; KURATA, H.; NISHIZONO, H. The effect of a 12-week combined exercise intervention program on physical performance and gait kinematics in community-dwelling elderly women. **J Physiol Anthropol**, v.26, n.3, May, p. 325-32, 2007.

CARPES, F. P.; MOTA, C. B.; FARIA, I. E. On the bilateral asymmetry during running and cycling - a review considering leg preference. **Phys Ther Sport**, v.11, n.4, Nov, p. 136-42, 2010.

CARTY, C. P.; BARRETT, R. S.; CRONIN, N. J.; LICHTWARK, G. A.; MILLS, P. M. Lower limb muscle weakness predicts use of a multiple- versus single-step strategy to recover from forward loss of balance in older adults. **J Gerontol A Biol Sci Med Sci**, v.67, n.11, Nov, p. 1246-52, 2012.

CHONG, R. K.; CHASTAN, N.; WELTER, M. L.; DO, M. C. Age-related changes in the center of mass velocity control during walking. **Neurosci Lett**, v.458, n.1, Jul 10, p. 23-7, 2009.

CHOU, L. S.; DRAGANICH, L. F. Placing the trailing foot closer to an obstacle reduces flexion of the hip, knee, and ankle to increase the risk of tripping. **J Biomech**, v.31, n.8, Aug, p. 685-91, 1998.

ELIAS, L. J.; BRYDEN, M. P.; BULMAN-FLEMING, M. B. Footedness is a better predictor than is handedness of emotional lateralization. **Neuropsychologia**, v.36, n.1, Jan, p. 37-43, 1998.

FOLSTEIN, M. F.; FOLSTEIN, S. E.; MCHUGH, P. R. "Mini-mental state". A practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. **J Psychiatr Res**, v.12, n.3, Nov, p. 189-98, 1975.

GOBBO, S.; BERGAMIN, M.; SIEVERDES, J. C.; ERMOLAO, A.; ZACCARIA, M. Effects of exercise on dual-task ability and balance in older adults: a systematic review. **Arch Gerontol Geriatr**, v.58, n.2, Mar-Apr, p. 177-87, 2014.

HARLEY, C.; WILKIE, R. M.; WANN, J. P. Stepping over obstacles: attention demands and aging. **Gait Posture**, v.29, n.3, Apr, p. 428-32, 2009.

HEGEMAN, J.; WEERDESTEYN, V.; VAN DEN BEMT, B.; NIENHUIS, B.; VAN LIMBEEK, J.; DUYSSENS, J. Dual-tasking interferes with obstacle avoidance reactions in healthy seniors. **Gait Posture**, v.36, n.2, Jun, p. 236-40, 2012.

HEYN, P.; ABREU, B. C.; OTTENBACHER, K. J. The effects of exercise training on elderly persons with cognitive impairment and dementia: a meta-analysis. **Arch Phys Med Rehabil**, v.85, n.10, Oct, p. 1694-704, 2004.

HOLLMAN, J. H.; KOVASH, F. M.; KUBIK, J. J.; LINBO, R. A. Age-related differences in spatiotemporal markers of gait stability during dual task walking. **Gait Posture**, v.26, n.1, Jun, p. 113-9, 2007.

IBGE. Sinopse do Censo Demográfico 2010. 2012, 2012.

JUDGE, J.; DAVIS, R. B.; OUNPUU, S. Age-associated reduction in step length: testing the importance of hip and ankle kinetics. **Gait Posture**, v.3, n.2, p., 1995.

KATSURA, Y.; YOSHIKAWA, T.; UEDA, S. Y.; USUI, T.; SOTOBAYASHI, D.; NAKAO, H.; SAKAMOTO, H.; OKUMOTO, T.; FUJIMOTO, S. Effects of aquatic exercise training using water-resistance equipment in elderly. **Eur J Appl Physiol**, v.108, n.5, Mar, p. 957-64, 2010.

KEMOUN, G.; THOUMIE, P.; BOISSON, D.; GUIEU, J. D. Ankle dorsiflexion delay can predict falls in the elderly. **J Rehabil Med**, v.34, n.6, Nov, p. 278-83, 2002.

KIM, H. D.; BRUNT, D. The effect of a dual-task on obstacle crossing in healthy elderly and young adults. **Arch Phys Med Rehabil**, v.88, n.10, Oct, p. 1309-13, 2007.

LAMOTH, C. J.; VAN DEUDEKOM, F. J.; VAN CAMPEN, J. P.; APPELS, B. A.; DE VRIES, O. J.; PIJNAPPELS, M. Gait stability and variability measures show effects of impaired cognition and dual tasking in frail people. **J Neuroeng Rehabil**, v.8, p. 2, 2011.

LAMOUREUX, E.; SPARROW, W. A.; MURPHY, A.; NEWTON, R. U. The effects of improved strength on obstacle negotiation in community-living older adults. **Gait Posture**, v.17, n.3, Jun, p. 273-83, 2003.

LAMOUREUX, E. L.; SPARROW, W. A.; MURPHY, A.; NEWTON, R. U. The relationship between lower body strength and obstructed gait in community-dwelling older adults. **J Am Geriatr Soc**, v.50, n.3, Mar, p. 468-73, 2002.

LAROCHE, D. P.; COOK, S. B.; MACKALA, K. Strength asymmetry increases gait asymmetry and variability in older women. **Med Sci Sports Exerc**, v.44, n.11, Nov, p. 2172-81, 2012.

LEWEK, M. D.; POOLE, R.; JOHNSON, J.; HALAWA, O.; HUANG, X. Arm swing magnitude and asymmetry during gait in the early stages of Parkinson's disease. **Gait Posture**, v.31, n.2, Feb, p. 256-60, 2010.

LOVDEN, M.; XU, W.; WANG, H. X. Lifestyle change and the prevention of cognitive decline and dementia: what is the evidence? **Curr Opin Psychiatry**, v.26, n.3, May, p. 239-43, 2013.

LU, T. W.; CHEN, H. L.; CHEN, S. C. Comparisons of the lower limb kinematics between young and older adults when crossing obstacles of different heights. **Gait Posture**, v.23, n.4, Jun, p. 471-9, 2006.

MARTIN, K. L.; BLIZZARD, L.; WOOD, A. G.; SRIKANTH, V.; THOMSON, R.; SANDERS, L. M.; CALLISAYA, M. L. Cognitive function, gait, and gait variability in older people: a population-based study. **J Gerontol A Biol Sci Med Sci**, v.68, n.6, Jun, p. 726-32, 2013.

MIKESKY, A. E.; MEYER, A.; THOMPSON, K. L. Relationship between quadriceps strength and rate of loading during gait in women. **J Orthop Res**, v.18, n.2, Mar, p. 171-5, 2000.

MILLS, K.; HETTINGA, B. A.; POHL, M. B.; FERBER, R. Between-limb kinematic asymmetry during gait in unilateral and bilateral mild to moderate knee osteoarthritis. **Arch Phys Med Rehabil**, v.94, n.11, Nov, p. 2241-7, 2013.

MOCHIDA, L. Y.; CESAR, G. M.; SANTIAGO, P. R. P.; COSTA, P. H. L. D. Estudo dinamométrico da marcha de idosas ultrapassando obstáculos. **Revista Brasileira de Educação Física e Esporte**, v.23, n.1, p. 15-23, 2009.

MONTERO-ODASSO, M.; MUIR, S. W.; SPEECHLEY, M. Dual-task complexity affects gait in people with mild cognitive impairment: the interplay between gait variability, dual tasking, and risk of falls. **Arch Phys Med Rehabil**, v.93, n.2, Feb, p. 293-9, 2012.

NAGANO, H.; BEGG, R. K.; SPARROW, W. A.; TAYLOR, S. Ageing and limb dominance effects on foot-ground clearance during treadmill and overground walking. **Clin Biomech (Bristol, Avon)**, v.26, n.9, Nov, p. 962-8, 2011.

NEWELL, D.; SHEAD, V.; SLOANE, L. Changes in gait and balance parameters in elderly subjects attending an 8-week supervised Pilates programme. **J Bodyw Mov Ther**, v.16, n.4, Oct, p. 549-54, 2012.

NITZ, J. C.; CHOY, N. L. The relationship between ankle dorsiflexion range, falls and activity level in women aged 40 to 80 years. **NZ Journal of Physiotherapy**, v.32, n.3, p. 121-125, 2004.

PAILLARD, T.; LAFONT, C.; COSTES-SALON, M. C.; RIVIERE, D.; DUPUI, P. Effects of brisk walking on static and dynamic balance, locomotion, body composition, and aerobic capacity in ageing healthy active men. **Int J Sports Med**, v.25, n.7, Oct, p. 539-46, 2004.

PATLA, A. E. Understanding the roles of vision in the control of human locomotion. **Gait & Posture**, v.5, p. 54-69, 1997.

PATTERSON, K. K.; GAGE, W. H.; BROOKS, D.; BLACK, S. E.; MCILROY, W. E. Changes in gait symmetry and velocity after stroke: a cross-sectional study from weeks to years after stroke. **Neurorehabil Neural Repair**, v.24, n.9, Nov-Dec, p. 783-90, 2010.

PERSCH, L. N.; UGRINOWITSCH, C.; PEREIRA, G.; RODACKI, A. L. Strength training improves fall-related gait kinematics in the elderly: a randomized controlled trial. **Clin Biomech (Bristol, Avon)**, v.24, n.10, Dec, p. 819-25, 2009.

PLUMMER-D'AMATO, P.; COHEN, Z.; DAEE, N. A.; LAWSON, S. E.; LIZOTTE, M. R.; PADILLA, A. Effects of once weekly dual-task training in older adults: a pilot randomized controlled trial. **Geriatr Gerontol Int**, v.12, n.4, Oct, p. 622-9, 2012.

POTOCANAC, Z.; HOOGKAMER, W.; CARPES, F. P.; PIJNAPPELS, M.; VERSCHUEREN, S. M.; DUYSSENS, J. Response inhibition during avoidance of virtual obstacles while walking. **Gait Posture**, v.39, n.1, Jan, p. 641-4, 2014.

PRIEST, A. W.; SALAMON, K. B.; HOLLMAN, J. H. Age-related differences in dual task walking: a cross sectional study. **J Neuroeng Rehabil**, v.5, p. 29, 2008.

RAMACHANDRAN, A. K.; ROSENGREN, K. S.; YANG, Y.; HSIAO-WECKSLER, E. T. Effect of Tai Chi on gait and obstacle crossing behaviors in middle-aged adults. **Gait Posture**, v.26, n.2, Jul, p. 248-55, 2007.

REELICK, M. F.; VAN IERSEL, M. B.; KESSELS, R. P.; RIKKERT, M. G. The influence of fear of falling on gait and balance in older people. **Age Ageing**, v.38, n.4, Jul, p. 435-40, 2009.

ROCHA, E. S.; MACHADO, Á. S.; FRANCO, P. S.; GUADAGNIN, E. C.; CARPES, F. P. Gait asymmetry during dual-task obstacle crossing in the young and elderly. **Human Movement**, v.14, n.2, p. 138-143, 2013.

RODACKI, A. L.; SOUZA, R. M.; UGRINOWITSCH, C.; CRISTOPOLISKI, F.; FOWLER, N. E. Transient effects of stretching exercises on gait parameters of elderly women. **Man Ther**, v.14, n.2, Apr, p. 167-72, 2009.

SADEGHI, H.; ALLARD, P.; PRINCE, F.; LABELLE, H. Symmetry and limb dominance in able-bodied gait: a review. **Gait Posture**, v.12, n.1, Sep, p. 34-45, 2000.

SATTELMAIR, J. R.; PERTMAN, J. H.; FORMAN, D. E. Effects of physical activity on cardiovascular and noncardiovascular outcomes in older adults. **Clin Geriatr Med**, v.25, n.4, Nov, p. 677-702, viii-ix, 2009.

SCHIMIDT, H. L.; MACHADO, A. S.; VAZ, M. A.; CARPES, F. P. Knee extensor force, rate of force development and efficiency asymmetries in different age spans. **Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano (Online)**, v.16, n.3, p., 2014.

SCHRODT, L. A.; MERCER, V. S.; GIULIANI, C. A.; HARTMAN, M. Characteristics of stepping over an obstacle in community dwelling older adults under dual-task conditions. **Gait Posture**, v.19, n.3, Jun, p. 279-87, 2004.

SHERRINGTON, C.; TIEDEMANN, A.; FAIRHALL, N.; CLOSE, J. C.; LORD, S. R. Exercise to prevent falls in older adults: an updated meta-analysis and best practice recommendations. **N S W Public Health Bull**, v.22, n.3-4, Jun, p. 78-83, 2011.

SIQUEIRA, F. V.; FACCHINI, L. A.; PICCINI, R. X.; TOMASI, E.; THUMÉ, E.; SILVEIRA, D. S.; VIEIRA, V.; HALLAL, P. C. Prevalência de quedas em idosos e fatores associados. **Revista de Saúde Pública**, v.41, n.5, p. 749-756, 2007.

SIU, K. C.; LUGADE, V.; CHOU, L. S.; VAN DONKELAAR, P.; WOOLLACOTT, M. H. Dual-task interference during obstacle clearance in healthy and balance-impaired older adults. **Aging Clin Exp Res**, v.20, n.4, Aug, p. 349-54, 2008.

SOMA, M.; MASUDA, T.; SHIMAMURA, R.; ABIKO, T.; UEMATU, H.; KAWAMA, K. Influence of a dual-task on toe clearance of the young and elderly while stepping over an obstacle. **J. Phys. Ther. Sci.**, v.22, p. 75-79, 2010.

SPRINGER, S.; GILADI, N.; PERETZ, C.; YOGEV, G.; SIMON, E. S.; HAUSDORFF, J. M. Dual-tasking effects on gait variability: the role of aging, falls, and executive function. **Mov Disord**, v.21, n.7, Jul, p. 950-7, 2006.

STANZIANO, D. C.; ROOS, B. A.; PERRY, A. C.; LAI, S.; SIGNORILE, J. F. The effects of an active-assisted stretching program on functional performance in elderly persons: a pilot study. **Clin Interv Aging**, v.4, p. 115-20, 2009.

TINETTI, M. E.; SPEECHLEY, M. Prevention of falls among the elderly. **N Engl J Med**, v.320, n.16, Apr 20, p. 1055-9, 1989.

TINETTI, M. E.; SPEECHLEY, M.; GINTER, S. F. Risk factors for falls among elderly persons living in the community. **N Engl J Med**, v.319, n.26, Dec 29, p. 1701-7, 1988.

TOOTS, A.; ROSENDAHL, E.; LUNDIN-OLSSON, L.; NORDSTROM, P.; GUSTAFSON, Y.; LITTBAND, H. Usual gait speed independently predicts mortality in very old people: a population-based study. **J Am Med Dir Assoc**, v.14, n.7, Jul, p. 529 e1-6, 2013.

WEERDESTEYN, V.; NIENHUIS, B.; DUYSSENS, J. Advancing age progressively affects obstacle avoidance skills in the elderly. **Hum Mov Sci**, v.24, n.5-6, Oct-Dec, p. 865-80, 2005.

WEERDESTEYN, V.; NIENHUIS, B.; DUYSSENS, J. Exercise training can improve spatial characteristics of time-critical obstacle avoidance in elderly people. **Hum Mov Sci**, v.27, n.5, Oct, p. 738-48, 2008.

YASUDA, K.; SATO, Y.; IIMURA, N.; IWATA, H. Allocation of Attentional Resources toward a Secondary Cognitive Task Leads to Compromised Ankle Proprioceptive Performance in Healthy Young Adults. **Rehabil Res Pract**, v.2014, p. 170304, 2014.

YECHIAM, E.; HOCHMAN, G. Loss attention in a dual-task setting. **Psychol Sci**, v.25, n.2, Feb 1, p. 494-502, 2014.

YU, P. L.; QIN, Z. H.; SHI, J.; ZHANG, J.; XIN, M. Z.; WU, Z. L.; SUN, Z. Q. Prevalence and related factors of falls among the elderly in an urban community of Beijing. **Biomed Environ Sci**, v.22, n.3, Jun, p. 179-87, 2009.

ZHANG, C.; MAO, D.; RISKOWSKI, J. L.; SONG, Q. Strategies of stepping over obstacles: The effects of long-term exercise in older adults. **Gait Posture**, v.34, n.2, Jun, p. 191-6, 2011.

## **ANEXOS**

### Anexo A: Inventário revisado de Waterloo

Sujeito nº: \_\_\_\_\_

<b>Nome:</b>	<b>Avaliador:</b>
<b>Idade:</b>	<b>Data da Avaliação:</b>
<b>Data de Nascimento:</b>	<b>Horário:</b>

<b>INVENTÁRIO REVISADO DE WATERLOO</b>					
<p><b>Instruções:</b> responda cada uma das seguintes questões da melhor forma possível. Se você sempre usa um pé para realizar a atividade descrita, circule Ds ou Es (para direito sempre ou esquerdo sempre). Se você usualmente usa um pé, circule Du ou Eu, conforme apropriado. Se você usa ambos os pés com a mesma frequência, circule Ig. Por favor, não simplesmente circule uma resposta para todas as questões, mas se imagine realizando cada atividade, e então marque a resposta apropriada. Se necessário, pare e simule a atividade.</p>					
1. Qual pé você usaria para chutar uma bola que está parada à sua frente e alinhada com um alvo também à sua frente?	Es	Eu	Ig	Du	Ds
2. Se você tivesse que parar em um pé só, com qual deles seria?	Es	Eu	Ig	Du	Ds
3. Qual pé você usaria para mexer (desenhar ou aplanar) na areia da praia?	Es	Eu	Ig	Du	Ds
4. Se você tivesse que subir em cima de uma cadeira, qual pé você colocaria primeiro na cadeira?	Es	Eu	Ig	Du	Ds
5. Qual pé você usaria para matar um inseto se movendo rapidamente no chão?	Es	Eu	Ig	Du	Ds
6. Se você tivesse que se equilibrar em um pé só sobre um trilho de trem, qual pé você usaria?	Es	Eu	Ig	Du	Ds
7. Se você quisesse apanhar uma bola de gude com seus dedos do pé, qual pé você usaria?	Es	Eu	Ig	Du	Ds
8. Se você tivesse que saltar em um pé só, qual pé você usaria?	Es	Eu	Ig	Du	Ds

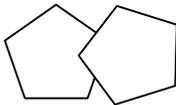
<b>9.</b> Qual pé você usaria para ajudar a enterrar uma pá no solo?	Es	Eu	Ig	Du	Ds
<b>10.</b> Quando em pé, em postura relaxada, as pessoas inicialmente colocam a maior parte do peso sobre um pé, deixando a outra perna ligeiramente flexionada. Em qual pé você coloca a maior parte do seu peso primeiro?	Es	Eu	Ig	Du	Ds
<b>11.</b> Há alguma razão (lesão, por exemplo) pela qual você mudou sua preferência de pé para qualquer das atividades acima?	Sim		Não		
<b>12.</b> Você já realizou treinamento especial ou encorajamento para usar um pé em particular para realizar alguma dessas atividades?	Sim		Não		
<b>13.</b> Se você respondeu SIM para a questão 11 e/ou 12, por favor explique:					

### Anexo B: Mini-exame do estado mental

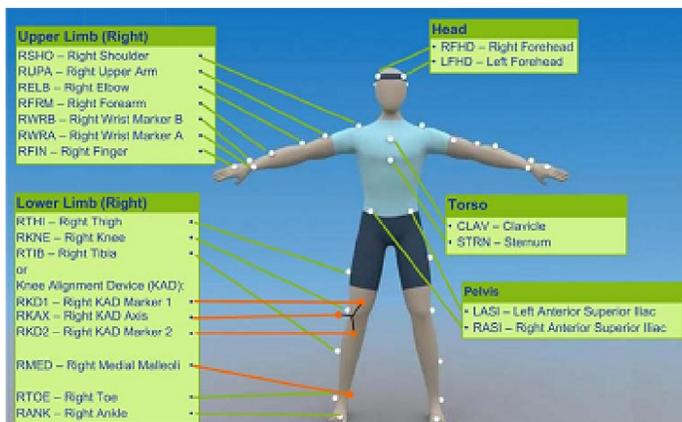
Sujeito nº: \_\_\_\_\_

<b>Nome:</b>	<b>Avaliador:</b>
<b>Idade:</b>	<b>Data da Avaliação:</b>
<b>Data de Nascimento:</b>	<b>Horário:</b>

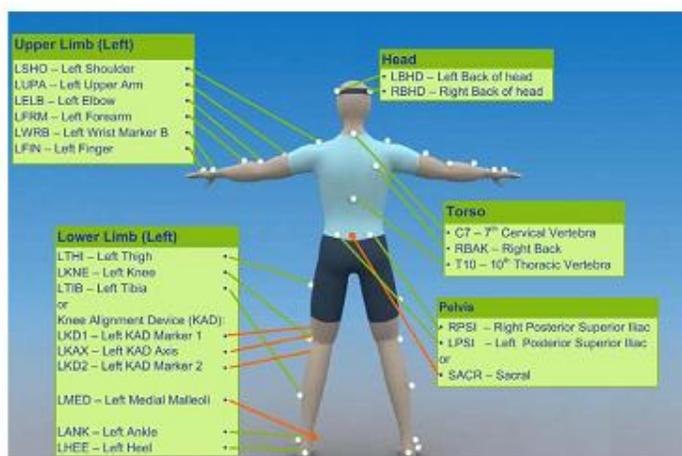
#### MINI-EXAME DO ESTADO MENTAL

Esc. Máx.	Esc. Suj.	
		<i>Orientação</i>
5		Qual é o (ano) (estação) (dia da semana) (dia) (mês)?
5		Onde nós estamos (estado) (país) (cidade) (local) (andar)?
		<i>Registro</i>
3		Nomear três objetos: 1 segundo para dizer cada um. Então perguntar ao sujeito todos eles depois que os tenha dito. Dar um ponto para cada resposta correta. Então repetir eles até que o sujeito aprenda os 3. Contar quantas tentativas e registrar: _____
		<i>Atenção e Cálculo</i>
5		Série de 7. Um ponto para cada correta. Parar depois de 5 respostas. Alternativamente soletrar a palavra "mundo" de trás para frente.
		<i>Memória</i>
3		Perguntar os 3 objetos que foram repetidos acima. Dar um ponto para cada um correto.
		<i>Linguagem</i>
9		<p>Nomear uma caneta e um relógio (2 pontos)</p> <p>Repetir o seguinte "Nem aqui, nem ali, nem lá" (1 ponto)</p> <p>Seguir os 3 comandos: "Pegue um papel com sua mão direita, dobre ele no meio, e coloque ele no chão" (3 pontos)</p> <p>Ler e obedecer ao seguinte: <u>Feche seus Olhos</u> (1 ponto)</p> <p>Escrever uma frase (1 ponto)</p> <p>Copiar o desenho (1 ponto)</p>
		
Total:		

### Anexo C: Posicionamento dos marcadores reflexivos (Plug-In Gait Full Body Modelling - Vicon) – vista anterior e vista posterior



Fonte: Vicon Motion Systems.



Fonte: Vicon Motion Systems.

## **APÊNDICES**

### **Apêndice A: Termo de consentimento livre e esclarecido**

Este Termo tem por objetivo solicitar autorização dos sujeitos para participar da pesquisa intitulada “Análise biomecânica da marcha com obstáculos em idosas sedentárias e fisicamente ativas”, que está sendo realizada junto ao Laboratório de Biomecânica do Centro de Educação Física e Desportos da Universidade Federal de Santa Maria e tem como responsáveis o Prof. Dr. Felipe Pivetta Carpes e a Prof<sup>a</sup>. Eliane Celina Guadagnin. Esta pesquisa está vinculada ao curso de Mestrado em Educação Física da UFSM e tem como objetivo avaliar o padrão locomotor de idosas sedentárias e fisicamente ativas em diferentes condições sensório-motoras.

*Declaro que me foram passadas todas as informações a respeito dos procedimentos referentes a esta pesquisa, os quais estão citados abaixo:*

1. O sujeito terá que responder a uma anamnese, a um questionário sobre o nível de atividade física habitual, a um questionário para avaliação do estado mental e a um questionário sobre preferência lateral.

2. O sujeito será submetido à medidas antropométricas e à avaliação da marcha.

- Medidas antropométricas: serão realizadas medidas de massa corporal (na balança), estatura (no estadiômetro), comprimento dos membros inferiores (com fita métrica) e larguras de joelho, tornozelo, cotovelo e punho, e espessura de mão, com um paquímetro.

- Marcha: para esta avaliação serão fixados (com fita) nos sujeitos marcadores reflexivos, bilateralmente, em alguns pontos anatômicos de referência, totalizando 39 pontos. Então, o sujeito deverá caminhar várias vezes por um caminho de 8 metros. Em algumas das vezes haverá um obstáculo de isopor no chão, o qual o sujeito deverá passar por cima e seguir até o final do caminho. Além disso, durante a realização da caminhada, serão feitas algumas perguntas para o sujeito responder em voz alta, concomitantemente. A avaliação da marcha será filmada por câmeras do sistema de cinemetria Vicon, que registrará os movimentos do sujeito.

*Fica antecipadamente garantido que:*

- Somente participarão deste estudo idosas, da cidade de Santa Maria/RS, após receberem informações e esclarecimentos sobre esta pesquisa e sobre os procedimentos que envolvem a sua participação e aceitarem participar da mesma;

- Não haverá nenhum custo aos participantes deste estudo;

- Os nomes das participantes do estudo não serão divulgados, assegurando-se o caráter confidencial das informações obtidas durante esta pesquisa;
- Os participantes desta pesquisa poderão desistir a qualquer momento;
- Os procedimentos referentes a esta pesquisa não apresentam nenhum risco à integridade física dos sujeitos, sendo que, a realização da marcha poderá provocar apenas um cansaço muscular nos membros inferiores;
- Os responsáveis por esta pesquisa estarão disponíveis aos participantes do estudo para esclarecimentos a respeito desta pesquisa e, também, para dar acesso aos resultados de cada sujeito, se for do seu interesse.

Concordando com o que foi exposto anteriormente, eu \_\_\_\_\_, estou de acordo em participar desta pesquisa, assinando este consentimento em duas vias, ficando com a posse de uma delas.

---

Assinatura do sujeito

---

Prof. Dr. Felipe Pivetta Carpes  
Telefone para contato: 3413 4321

---

Prof<sup>a</sup>. Eliane Celina Guadagnin  
Telefone para contato: 3220 8271

Santa Maria, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 20\_\_\_\_.

**Apêndice B: Ficha de anamnese**

Sujeito nº: \_\_\_\_\_

**ANAMNESE**

Nome: \_\_\_\_\_

Idade: \_\_\_\_\_ Data Nascimento: \_\_\_\_\_ Sexo: \_\_\_\_\_

Escolaridade: \_\_\_\_\_

Profissão: \_\_\_\_\_ Aposentado: ( ) sim ( ) não

Endereço: \_\_\_\_\_

Telefone: \_\_\_\_\_

Convênio médico: \_\_\_\_\_

Você sente dor em alguma parte do corpo? ( ) Sim ( ) Não

Qual(is)? \_\_\_\_\_

Com que frequência? \_\_\_\_\_

Você possui algum problema muscular, ósseo ou articular? ( ) Sim ( ) Não

Qual(is)? \_\_\_\_\_

Você possui alguma doença? ( ) Sim ( ) Não

Qual(is)? \_\_\_\_\_

Você está tomando algum medicamento? ( ) Sim ( ) Não

Qual(is)? Para que? \_\_\_\_\_

Hoje você tomou todos os medicamentos corretamente? ( ) Sim ( ) Não

É fumante? ( ) Sim ( ) Não Quantidade de cigarros por dia: \_\_\_\_\_

Ingerir bebidas alcoólicas? ( ) Sim ( ) Não Frequência: \_\_\_\_\_

Você sofreu queda nos últimos 12 meses? ( ) Sim ( ) Não Quantas? \_\_\_\_\_

Qual(is) foi(foram) o(s) motivo(s) que levaram às mesmas? \_\_\_\_\_

Alguma delas resultou em lesão/fratura? ( ) Sim ( ) Não Qual(is)? \_\_\_\_\_

Precisou reduzir e/ou parar com suas atividades físicas devido a isso? \_\_\_\_\_ Por quanto tempo? \_\_\_\_\_ Precisou de atendimento médico? Internação? \_\_\_\_\_

Pratica exercícios? ( ) Sim ( ) Não Qual(is)? \_\_\_\_\_

Há quanto tempo? \_\_\_\_\_ Freq. semanal \_\_\_\_\_ Duração sessão \_\_\_\_\_

### Apêndice C: Ficha de avaliação antropométrica

Sujeito nº: \_\_\_\_\_

<b>Nome:</b>	<b>Sexo:</b>
<b>Idade:</b>	<b>Avaliador:</b>
<b>Data de Nascimento:</b>	<b>Data/Horário da Avaliação:</b>

<b>Massa corporal:</b> kg	<b>Estatura:</b> mm	
	<b>Esquerdo</b>	<b>Direito</b>
<b>Comprimento Membro Inferior (Obstáculo)</b>	cm	Cm
Média: cm	Altura do obstáculo (20%MI): cm	
<b>Comprimento Membro Inferior (Vicon)</b>	mm	Mm
<b>D. Bi-condiliano do fêmur</b>	mm	Mm
<b>D. Bi-maleolar</b>	mm	Mm
<b>Ombro</b>	mm	Mm
<b>D. Bi-epicondiliano de úmero</b>	mm	Mm
<b>D. Bi-estilóide</b>	mm	Mm
<b>Espessura de mão</b>	mm	Mm

**Apêndice D: Tabela com valores médios de cada variável**

(continua)

<i>Variável</i>	<i>Grupo Ativo</i>					<i>Grupo Sedentário</i>				
	<i>Normal</i>	<i>O</i>		<i>ODT</i>		<i>Normal</i>	<i>O</i>		<i>ODT</i>	
		<i>P</i>	<i>NP</i>	<i>P</i>	<i>NP</i>		<i>P</i>	<i>NP</i>	<i>P</i>	<i>NP</i>
Quadril – membro de abordagem (°)	-	63,14	62,15	62,84	62,41	-	65,28	63,52	64,88	62,37
Quadril – membro de apoio (°)	-	22,89	23,08	23,72	24,15	-	22,54	22,40	23,87	20,70
Joelho – membro de abordagem (°)	-	102,97	100,66	101,20	98,68	-	100,51	96,91	100,45	94,85
Joelho – membro de apoio (°)	-	91,73	95,41	93,59	96,28	-	92,80	95,34	93,08	95,33
Tornozelo – membro de abordagem (°)	-	13,30	11,60	12,73	11,00	-	13,28	14,13	12,84	14,05
Tornozelo – membro de apoio (°)	-	-3,81	-1,46	-2,80	0,32	-	-4,61	-4,70	-2,40	-2,87
DV hálux-obstáculo – pé de abordagem (cm)	-	13,91	14,02	13,82	14,14	-	12,00	10,71	12,38	10,88
DV calcânhar-obstáculo (cm)	-	10,95	11,77	11,09	12,09	-	10,68	10,81	11,40	9,73
DV hálux-obstáculo – pé de apoio (cm)	-	13,73	15,68	13,68	15,63	-	8,52	9,44	9,14	9,74
DH pé-obstáculo (cm)	-	11,54	11,83	12,49	13,18	-	10,46	10,42	10,98	10,27
DH obstáculo-pé (cm)	-	13,50	13,43	12,76	12,19	-	10,43	10,03	10,07	9,01
Velocidade da marcha (m/s)	1,17	0,97	0,97	0,94	0,94	1,08	0,90	0,89	0,88	0,87
Comprimento de passo médio (%)	66,43	66,60	67,35	66,68	67,19	66,11	64,62	63,86	64,41	64,90

**Apêndice D: Tabela com valores médios de cada variável**

(continuação)

<i>Variável</i>	<i>Grupo Ativo</i>					<i>Grupo Sedentário</i>				
	<i>Normal</i>	<i>O</i>		<i>ODT</i>		<i>Normal</i>	<i>O</i>		<i>ODT</i>	
		<i>P</i>	<i>NP</i>	<i>P</i>	<i>NP</i>		<i>P</i>	<i>NP</i>	<i>P</i>	<i>NP</i>
Comprimento passo de transposição – membro de abordagem (%)	-	61,29	63,74	61,63	64,37	-	56,50	55,62	57,44	57,44
Comprimento passo de transposição – membro de apoio (%)	-	72,94	73,60	72,68	73,12	-	74,80	74,00	74,62	73,97
Comprimento da passada de transposição (%)	-	134,24	137,34	134,32	137,49	-	131,30	129,62	132,05	131,41

\*Normal - condição normal; O - condição obstáculo; ODT - condição obstáculo com dupla tarefa; P - membro inferior preferido; NP - membro inferior não preferido.