

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA E ESPORTE**

**Assimetrias posturais, demandas musculares e gasto energético  
em jovens e idosos na postura ereta**

**JANINA MANZIERI PRADO RICO**

**São Paulo  
2015**

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA E ESPORTE**

**Assimetrias posturais, demandas musculares e gasto energético  
em jovens e idosos na postura ereta**

**JANINA MANZIERI PRADO RICO**

**São Paulo  
2015**

**JANINA MANZIERI PRADO RICO**

**Assimetrias posturais, demandas musculares e gasto energético  
em jovens e idosos na postura ereta**

Tese apresentada à Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo, como requisito parcial para a obtenção do título de doutor em Ciências

Área de Concentração: Biodinâmica do Movimento Humano

Orientador: Prof. Dr. Marcos Duarte

**São Paulo**

**2015**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente ao meu orientador, Prof. Dr. MARCOS DUARTE, pelo auxílio durante esses anos de convivência no Laboratório de Biofísica e por estar presente em todos os processos deste trabalho. Muito obrigada pela disponibilidade, ajuda, paciência, conhecimento, por contribuir para meu aprimoramento científico.

Ao meu marido ANDRÉ LUIS, pelo amor, carinho, compreensão e por me incentivar a seguir em frente. Ao meu filho RODRIGO, que nasceu na etapa final desse trabalho e que é meu maior motivo de alegria.

Aos meus pais, ILIANA e FRANCISCO, irmão FABIO e minha avó LOURDES pelo apoio e amor.

Aos professores dos Programas de Biodinâmica do Movimento Humano da EEFÉ-USP e de Neurociência e Comportamento do IP-USP, que contribuíram para minha formação acadêmica.

Aos ex-membros do Laboratório de Biofísica, SANDRA, DANIEL, ROGÉRIO, REGINALDO, ANINHA, CLAUDIANE agradeço as ajudas e fico feliz por tê-los como amigos. Em especial a MARIA ISABEL, que foi uma grande parceira ao me acompanhar em todas as etapas do doutorado e pela adorável convivência em quase dez anos de LOB. Certamente é uma amizade que levarei por toda a vida.

A amiga ZODJA, pelo apoio moral, presencial e por me incentivar a seguir a carreira acadêmica.

A todos que direta ou indiretamente auxiliaram no desenvolvimento deste trabalho, em especial à participação dos sujeitos de pesquisa que gentilmente se dispuseram a contribuir conosco.

## PREFÁCIO

Este trabalho, cuidadosamente produzido, foi fruto de um processo de formação acadêmica que se iniciou em 2010. Ao longo desse período no Laboratório de Biofísica, sob supervisão do Prof. Dr. Marcos Duarte, desenvolvemos estudos sobre a postura ereta que resultaram na produção de um artigo científico (PRADO; DINATO; DUARTE, 2011), mas que optamos por não adicioná-lo nesta obra.

Apesar de diversos estudos investigarem a postura ereta quieta, as pesquisas sobre a postura irrestrita/natural de longa duração têm recebido menos atenção. Entender como seres humanos se comportam na postura natural é particularmente relevante, pois se trata de uma atividade comum do cotidiano.

Nesse contexto, os estudos anteriores revelam que as mudanças posturais periodicamente produzidas em atividades de longa duração diferem entre jovens e idosos. Da mesma maneira, essas atividades podem exigir esforços musculares variados e assim influenciar no gasto energético desses indivíduos.

Motivados a entendermos o comportamento de diferentes populações em atividades cotidianas, particularmente de idosos, esta tese trata-se, em certa parte, da continuidade do estudo previamente publicado em 2011.

Esta obra está organizada na forma clássica de um trabalho científico, na qual descreve dois experimentos. Redigido de forma simples e objetiva este trabalho é pioneiro ao abordar a temática sobre assimetrias posturais, demandas musculares e gasto energético envolvidos na postura ereta, particularmente na postura irrestrita/natural, em indivíduos jovens e idosos.

Janina Manzieri Prado Rico

## RESUMO

RICO, J. M. P.; **Título:** Assimetrias posturais, demandas musculares e gasto energético em jovens e idosos na postura ereta; 2015; (109 p.); tese (doutorado em Ciências); Escola de Educação Física e Esporte; Universidade de São Paulo; São Paulo; 2015.

A permanência em pé por um determinado período de tempo exige que os indivíduos produzam periodicamente mudanças posturais, que podem favorecer a adoção de posturas mais assimétricas. Diante da deterioração do sistema de controle postural, é possível que idosos tenham uma dificuldade em permanecerem assimétricos em atividades do cotidiano. Em adição, variações no padrão de ativação muscular podem aumentar o gasto energético e levar os idosos a fadiga, o que resulta em sérias consequências como aumento no risco de quedas. Acredita-se que mudanças posturais durante a postura relaxada ocorram distintamente em adultos jovens e idosos, podem exigir esforços musculares variados e assim influenciar no gasto energético. O presente estudo investigou as assimetrias posturais, ativações musculares e gasto energético em adultos jovens e idosos saudáveis na postura ereta. Cinquenta e três jovens e 16 idosos permaneceram em diferentes posturas enquanto registrou-se as assimetrias na distribuição de peso ao longo do tempo (*ADPm*). Todos os idosos e 12 jovens submeteram-se ao registro eletromiográfico para análise dos padrões de ativação muscular de músculos da coxa e perna, e 7 indivíduos de cada grupo foram submetidos ao registro de gases para análise do gasto energético, consumo de oxigênio ( $VO_2$ ), quociente respiratório (*R*) e medida de frequência cardíaca. Os idosos apresentaram dificuldade na transferência de peso em posturas mais assimétricas e ambos os grupos apresentaram ligeira assimetria na postura ereta quieta (em torno de  $5\pm 4\%$  de *ADPm*). Na postura relaxada a maior parte do tempo os indivíduos permaneceram em faixas de pequenas assimetrias, seguido de um tempo menor em posturas significativamente assimétricas. Em geral, as ativações musculares foram maiores em idosos, porém eles foram capazes de recrutar músculos de modo similar aos jovens. O aumento da atividade do músculo gastrocnêmio foi proporcional às posturas mais assimétricas em ambos os grupos. O gasto energético não sofreu grandes variações em condições de simetria ou assimetria posturais em jovens e idosos, porém parece que o aumento do gasto energético nos idosos está relacionado com o aumento da atividade muscular, o que poderia justificar a adoção de posturas menos assimétricas por parte desses indivíduos. Os resultados do presente estudo levantam a questão da possibilidade de haver maior gasto energético, principalmente em idosos, e abre novas possibilidades para que futuros estudos possam compreender a demanda metabólica envolvida na manutenção da postura ereta.

*Palavras - chave: atividade muscular; envelhecimento; assimetrias posturais*

## ABSTRACT

RICO, J. M. P.; **Title:** Postural asymmetry, muscular demands and energetic cost in young and elderly individuals during upright standing; 2015; (109 p.); thesis (doctoral degree in Science); School of Physical Education and Sport; University of São Paulo; São Paulo; 2015.

To remain standing for a certain period of time we periodically produce postural changes, which may favouring the adoption of more asymmetric postures. In face of the postural control system deterioration, it is possible that older people find it difficult to adopt more asymmetrical postures during daily life activities. In addition, changes in muscle activation pattern may increase energy cost to stand in asymmetric posture, which would lead to muscle fatigue and as consequence increase in fall risk in this population. Thus, postural changes during relaxed postures and the muscular demand necessary to perform such changes may differ among young and older adults, resulting in different energy cost. The present study investigated body weight asymmetries, muscle activations and energy cost in healthy young and elderly adults during standing tasks with different constrains. Fifty-three young and sixteen elderly subjects remained at different positions while we recorded the body weight asymmetry over time (*ADPm*). All the elderly participants and twelve young adults undergone to electromyographic record of the thigh and leg muscles, and 7 subjects in each group to gas record in order to quantify the energy cost, oxygen consumption ( $VO_2$ ) and respiratory quotient (R) and registered heart rate. During quiet standing task, both age groups showed a slight and similar *WDA* (mean values around 5%). However, the elderly had difficulty in maintaining more asymmetric postures - they were less asymmetrical than young in tasks that required great *WDA*. In the relaxed position, most of the time the subjects remained in small asymmetry ranges, followed by a shorter period in more asymmetric postures. In general, muscle activation level was higher in the elderly, but they were able to recruit muscle in a similar way to young subjects. In addition, gastrocnemius activity increased proportionally to body weight support in both age groups – it was greater in the supportive limb in the most asymmetric postures. Although in this study the energy cost was not significantly affected by the asymmetry in body weight distribution in young and old individuals, it seems that the increased energy cost in the elderly is associated with an increase in muscle activity, which might explain the adoption of less asymmetric postures by these individuals. The results of this study raise the question of the possibility of higher energy expenditure in more asymmetric postures, especially in the elderly, and opens new possibilities for future studies to understand the metabolic demands during upright standing.

*Key words: muscular activity; aging; postural asymmetries*

## LISTA DE TABELAS

- TABELA 1 - Médias e desvios padrões ( $\pm$ DP) das variáveis assimetria na distribuição de peso absoluta ( $|ADP|m$ ) e assimetria na distribuição de peso considerando seu sinal ( $ADPm$ ), para homens e mulheres durante as posturas QUIETA e RELAXADA. Valores positivos da  $ADPm$  indicam assimetrias em direção ao lado direito do corpo. Os resultados estatísticos para as comparações dos valores de  $ADP$  em relação a “zero” de assimetria entre gêneros também são apresentados. ....29
- TABELA 2 – Médias, desvios padrões ( $\pm$  DP), (valores máximos e mínimos) da idade, estatura, massa, índice de massa corporal (IMC) e resultados das escalas de percepção de esforço (*Borg*), para os grupos JOVENS (N=12) e IDOSOS (N=16). ....42
- TABELA 3 - Médias e desvios padrões ( $\pm$ DP) entre os sujeitos para as variáveis assimetria na distribuição de peso absoluta ( $|ADP|m$ ) e assimetria na distribuição de peso considerando seu sinal ( $ADPm$ ), para jovens e idosos durante as posturas DIREITA, ESQUERDA, SIMÉTRICA, RELAXADA e QUIETA. Valores positivos da  $ADPm$  indicam assimetrias em direção ao lado direito do corpo. Os resultados estatísticos para as comparações em relação a “zero” e entre gêneros também são apresentados. ....45
- TABELA 4 – Valores do teste de qui-quadrado e de  $p$  para os índices de co-contracção das coxas direita (*ICo Coxa D*), esquerda (*ICo Coxa E*), pernas direita (*ICo Perna D*) e esquerda (*ICo Perna E*), em todas as condições experimentais. ....60
- TABELA 5 – Frequência de ocorrência dos índices de co-contracção muscular das coxas direita (*ICo Coxa D*) e esquerda (*ICo Coxa E*), pernas direita (*ICo Perna D*) e esquerda (*ICo Perna E*), para os grupos JOVENS e IDOSOS em todas as condições experimentais..... 108
- TABELA 6 – Frequência de ocorrência dos índices de co-contracção muscular das pernas direita (*ICo Perna D*) e esquerda (*ICo Perna E*), para os grupos JOVENS e IDOSOS em todas as condições experimentais ..... 109

## LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1 – Representação da posição do participante sobre as duas plataformas 23
- FIGURA 2 – Exemplo da série temporal da assimetria na distribuição de peso (*ADP*) (gráfico superior) e das forças verticais nas pernas direita (*FzD*, em azul) e esquerda (*FzE*, em vermelho) em unidades de peso corporal, durante a postura RELAXADA (a esquerda) com duração de 15 minutos e ereta QUIETA por 60 segundos (a direita) para um adulto jovem. Valores positivos da *ADP* indicam assimetrias em direção ao lado direito do corpo. ....28
- FIGURA 3 – Histograma que mostra a frequência de permanência nas diferentes faixas de assimetria na distribuição de peso (*ADP*) durante o período das tarefas QUIETA (superior) e RELAXADA (inferior), para mulheres (esquerda) e homens (direita). Os valores exibidos referem-se às médias ( $\pm$  desvio padrão) do grupo para o *ADP* nas faixas de assimetria pequena (área em verde; entre -0,1 e 0,1) e grande (área em vermelho; abaixo de -0,5 e acima de 0,5), considerando a preferência de lado. Cada gráfico possui escala arbitrária no eixo vertical, mas todos eles possuem área sob a curva igual a 1. ....31
- FIGURA 4 – Histograma que mostra a frequência de permanência nas diferentes faixas de assimetria na distribuição de peso (*ADP*) durante o período de duração da tarefa RELAXADA, para os grupos IDOSOS (esquerda) e JOVENS (direita). Os valores exibidos referem-se às médias ( $\pm$  desvio padrão) do grupo para o *ADP* nas faixas de assimetria pequena (área em verde; entre -0,1 e 0,1) e grande (área em vermelho; abaixo de -0,5 e acima de 0,5), considerando a preferência de lado. Cada gráfico possui escala arbitrária no eixo vertical, mas todos eles possuem área sob a curva igual a 1. ....47
- FIGURA 5 – Histograma que mostra a frequência de permanência nas diferentes faixas de assimetria na distribuição de peso (*ADP*) durante o período de duração da tarefa SIMÉTRICA, para os grupos IDOSOS (esquerda) e JOVENS (direita). Os valores exibidos referem-se às médias ( $\pm$  desvio padrão) do grupo para o *ADP* nas faixas de assimetria pequena (área em verde; entre -0,1 e 0,1) e grande (área em vermelho; abaixo de -0,5 e acima de 0,5), considerando a preferência de lado. Cada gráfico possui escala arbitrária no eixo vertical, mas todos eles possuem área sob a curva igual a 1. ....48
- FIGURA 6 – Histograma que mostra a frequência de permanência nas diferentes faixas de assimetria na distribuição de peso (*ADP*) durante o período de duração da tarefa QUIETA, para os grupos IDOSOS (esquerda) e JOVENS (direita). Os valores exibidos referem-se às médias ( $\pm$  desvio padrão) do grupo para o *ADP* nas faixas de assimetria pequena (área em verde; entre -0,1 e 0,1) e grande (área em vermelho; abaixo de -0,5 e acima de 0,5), considerando a preferência de lado. Cada gráfico possui escala arbitrária no eixo vertical, mas todos eles possuem área sob a curva igual a 1. ....48

FIGURA 7 – Histograma que mostra a frequência de permanência nas diferentes faixas de assimetria na distribuição de peso (*ADP*) durante o período de duração da tarefa DIREITA, para os grupos IDOSOS (esquerda) e JOVENS (direita). Os valores exibidos referem-se às médias ( $\pm$  desvio padrão) do grupo para o *ADP* nas faixas de assimetria pequena (área em verde; entre -0,1 e 0,1) e grande (área em vermelho; abaixo de -0,5 e acima de 0,5), considerando a preferência de lado. Cada gráfico possui escala arbitrária no eixo vertical, mas todos eles possuem área sob a curva igual a 1. ....49

FIGURA 8 – Histograma que mostra a frequência de permanência nas diferentes faixas de assimetria na distribuição de peso (*ADP*) durante o período de duração da tarefa ESQUERDA para os grupos IDOSOS (esquerda) e JOVENS (direita). Os valores exibidos referem-se às médias ( $\pm$  desvio padrão) do grupo para o *ADP* nas faixas de assimetria pequena (área em verde; entre -0,1 e 0,1) e grande (área em vermelho; abaixo de -0,5 e acima de 0,5), considerando a preferência de lado. Cada gráfico possui escala arbitrária no eixo vertical, mas todos eles possuem área sob a curva igual a 1. ....50

FIGURA 9 – Histograma (figura superior em azul) da frequência de ocorrência de assimetria de distribuição de peso (*ADP*) em %, nas diferentes faixas (preferência de lado direito: acima de 0; preferência esquerda: abaixo de 0). A linha em verde representa o limiar de detecção da frequência de permanência em uma determinada postura por no mínimo 10 segundos. Demais figuras representam as atividades musculares de um indivíduo idoso do gênero feminino (figuras a esquerda) e uma jovem (figuras a direita) na postura RELAXADA. Os valores são apresentados em % da CVMI para os músculos bíceps femoral (linha tracejada), vasto lateral (linha cheia), gastrocnêmio medial (linha cheia) e tibial anterior (linha tracejada), das pernas direita (D, em preto e azul) e esquerda (E, em rosa e vermelho). ....51

FIGURA 10 – Histograma (figura superior em azul) da frequência de ocorrência de assimetria de distribuição de peso (*ADP*) em %, nas diferentes faixas (preferência de lado direito: acima de 0; preferência esquerda: abaixo de 0). A linha em verde representa o limiar de detecção da frequência de permanência em uma determinada postura por no mínimo 10 segundos. Demais figuras representam as atividades musculares de um indivíduo idoso do gênero feminino (figuras a esquerda) e uma jovem (figuras a direita) na tarefa QUIETA. Os valores são apresentados em % da CVMI para os músculos bíceps femoral (linha tracejada), vasto lateral (linha cheia), gastrocnêmio medial (linha cheia) e tibial anterior (linha tracejada), das pernas direita (D, em preto e azul) e esquerda (E, em rosa e vermelho). ....52

FIGURA 11 – Histograma (figura superior em azul) da frequência de ocorrência de assimetria de distribuição de peso (*ADP*) em %, nas diferentes faixas (preferência de lado direito: acima de 0; preferência esquerda: abaixo de 0). A linha em verde representa o limiar de detecção da frequência de permanência em uma determinada postura por no mínimo 10 segundos. Demais figuras representam as atividades musculares de um indivíduo idoso do gênero feminino (figuras a esquerda) e uma jovem (figuras a direita) na tarefa SIMÉTRICA. Os valores são apresentados em % da CVMI para os músculos

bíceps femoral (linha tracejada), vasto lateral (linha cheia), gastrocnêmio medial (linha cheia) e tibial anterior (linha tracejada), das pernas direita (D, em preto e azul) e esquerda (E, em rosa e vermelho). .....53

FIGURA 12 – Histograma (figura superior em azul) da frequência de ocorrência de assimetria de distribuição de peso (*ADP*) em %, nas diferentes faixas (preferência de lado direito: acima de 0; preferência esquerda: abaixo de 0). A linha em verde representa o limiar de detecção da frequência de permanência em uma determinada postura por no mínimo 10 segundos. Demais figuras representam as atividades musculares de um indivíduo idoso do gênero feminino (figuras a esquerda) e uma jovem (figuras a direita) na tarefa DIREITA. Os valores são apresentados em % da CVMI para os músculos bíceps femoral (linha tracejada), vasto lateral (linha cheia), gastrocnêmio medial (linha cheia) e tibial anterior (linha tracejada), das pernas direita (D, em preto e azul) e esquerda (E, em rosa e vermelho). .....54

FIGURA 13 – Histograma (figura superior em azul) da frequência de ocorrência de assimetria de distribuição de peso (*ADP*) em %, nas diferentes faixas (preferência de lado direito: acima de 0; preferência esquerda: abaixo de 0). A linha em verde representa o limiar de detecção da frequência de permanência em uma determinada postura por no mínimo 10 segundos. Demais figuras representam as atividades musculares de um indivíduo idoso do gênero feminino (figuras a esquerda) e uma jovem (figuras a direita) na tarefa ESQUERDA. Os valores são apresentados em % da CVMI para os músculos bíceps femoral (linha tracejada), vasto lateral (linha cheia), gastrocnêmio medial (linha cheia) e tibial anterior (linha tracejada), das pernas direita (D, em preto e azul) e esquerda (E, em rosa e vermelho). .....55

FIGURA 14 – Médias e desvios padrões (DP) das atividades musculares (em % da CVMI) para os músculos gastrocnêmio medial (figuras inferiores), tibial anterior, bíceps femoral e vasto lateral (figuras superiores) das pernas direita (à direita) e esquerda (à esquerda), de JOVENS e IDOSOS para todas as condições experimentais. ....57

FIGURA 15 – Médias e desvios padrões (DP) das demandas musculares do membro inferior direito (figura à direita) e membro inferior esquerdo (figura à esquerda), de JOVENS e IDOSOS para todas as condições experimentais. ....59

FIGURA 16 – Correlação entre a assimetria da distribuição de peso considerando o sinal (*ADPm*) e a atividade muscular (% CVMI), em todas as condições experimentais, para os músculos gastrocnêmio medial direito (GMD, figuras à direita) e gastrocnêmio medial esquerdo (GME, figuras à esquerda), de JOVENS (figuras inferiores) e IDOSOS (figuras superiores), com valores de  $p$  e  $r$ . .....62

FIGURA 17 – Médias e desvios padrões das variáveis metabólicas: frequência cardíaca (em bpm) (figura superior esquerda),  $VO_2$  (ml/min/kg) (figura inferior esquerda), R (quociente respiratório) (figura superior direita) e gasto energético (Kcal) (figura inferior direita), para JOVENS (N=5) e IDOSOS (N=4) nas condições REPOUSO, DIREITA, ESQUERDA, SIMÉTRICA, RELAXADA e QUIETA.....63

FIGURA 18 – Correlação entre demanda muscular total (determinada a partir da EMG, em %) e gasto energético (GE –  $VO_2$  em kcal) para os grupos JOVENS (figura direita, N=5) e IDOSOS (figura esquerda, N=4), valores de  $p$  e  $r$ , para as condições REPOUSO, DIREITA, ESQUERDA, SIMÉTRICA, RELAXADA e QUIETA.....64

## LISTA DE ABREVIATURAS

IMC	Índice de massa corporal
FRS	Força de reação do solo
Fz	Forças verticais
FzD	Força vertical da perna direita
FzE	Força vertical da perna esquerda
ADP(t)	Assimetria na distribuição de peso ao longo do tempo
ADP m	Valor médio absoluto da assimetria na distribuição de peso
ADPm	Valor médio da assimetria na distribuição considerando o sinal
ICC	Índice de correlação intraclasse
EMG	Eletromiográfico
VLD	Músculo vasto lateral direito
VLE	Músculo vasto lateral esquerdo
BFD	Músculo bíceps femoral direito
BFE	Músculo bíceps femoral esquerdo
TAD	Músculo tibial anterior direito
TAE	Músculo tibial anterior esquerdo
GMD	Músculo gastrocnêmio cabeça medial direito
GME	Músculo gastrocnêmio cabeça medial esquerdo
CO <sub>2</sub>	Gás carbônico
O <sub>2</sub>	Oxigênio
FC	Frequência cardíaca
EVA	Escala visual analógica de dor
CVMI	Contração voluntária máxima isométrica
RMS	Raiz quadrática média
ICo	Índice de co-contração
MID	Membro inferior direito
MIE	Membro inferior esquerdo
A <sub>i</sub>	Área de secção transversa muscular
VO <sub>2</sub>	Consumo de oxigênio
VCO <sub>2</sub>	Consumo de gás carbônico

$VO_{2\text{ rel}}$	Consumo de oxigênio relativo
R	Quociente respiratório
GE	Gasto energético

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	<b>IX</b>
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	<b>6</b>
<b>3 REVISÃO DA LITERATURA</b> .....	<b>8</b>
3.1 POSTURA ERETA QUIETA E RELAXADA EM JOVENS E IDOSOS.....	8
3.2 ATIVAÇÕES MUSCULARES EM JOVENS E IDOSOS NA POSTURA ERETA .....	11
3.3 TRANSFERÊNCIA DE PESO ENTRE MEMBROS INFERIORES NA POSTURA ERETA .....	14
3.4 ASSIMETRIAS POSTURASIS .....	16
3.5 GASTO ENERGÉTICO NA POSTURA EM PÉ.....	18
<b>4 MÉTODOS – EXPERIMENTO 1: ASSIMETRIAS NA DISTRIBUIÇÃO DE PESO EM ADULTOS JOVENS DURANTE A POSTURA ERETA QUIETA E RELAXADA</b> .....	<b>22</b>
4.1 SELEÇÃO DA AMOSTRA.....	22
4.2 INSTRUMENTOS .....	23
4.3 PROCEDIMENTOS E TAREFAS.....	24
4.4 ANÁLISE DE DADOS .....	25
4.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	26
<b>5 RESULTADOS – EXPERIMENTO 1</b> .....	<b>27</b>
5.1 ASSIMETRIAS NA DISTRIBUIÇÃO DE PESO (ADP) ENTRE MEMBROS INFERIORES .....	27
<b>6 MÉTODOS – EXPERIMENTO 2: ASSIMETRIAS NA DISTRIBUIÇÃO DE PESO, ATIVAÇÕES MUSCULARES E GASTO ENERGÉTICO NA POSTURA ERETA EM ADULTOS JOVENS E IDOSOS</b> .....	<b>32</b>
6.1 SELEÇÃO DA AMOSTRA.....	33
6.2 INSTRUMENTOS .....	34
6.3 PROCEDIMENTOS E TAREFAS.....	35
6.4 ANÁLISE DE DADOS .....	37
6.4.1 FORÇA VERTICAL (Fz).....	37
6.4.2 SINAL ELETROMIOGRÁFICO (EMG) .....	38
6.4.3 MEDIDAS BIOLÓGICAS .....	40
6.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	40
<b>7 RESULTADOS – EXPERIMENTO 2</b> .....	<b>42</b>
7.1 ASSIMETRIAS NA DISTRIBUIÇÃO DE PESO (ADP) ENTRE MEMBROS INFERIORES .....	43
7.2 ATIVAÇÕES MUSCULARES: ATIVIDADE MUSCULAR MÉDIA .....	50
7.3 DEMANDA MUSCULAR: A PARTIR DA ATIVIDADE MUSCULAR MÉDIA .....	58
7.4 CO-CONTRAÇÕES MUSCULARES: A PARTIR DA ATIVIDADE MUSCULAR MÉDIA .....	60
7.5 CORRELAÇÕES ENTRE ASSIMETRIAS NA DISTRIBUIÇÃO DE PESO (ADP), ATIVIDADE MUSCULAR E NÍVEL DE ATIVIDADE FÍSICA.....	61
7.6 MEDIDAS BIOLÓGICAS.....	62
7.7 CORRELAÇÃO ENTRE GASTO ENERGÉTICO E DEMANDA MUSCULAR TOTAL .....	64
<b>8 SÍNTESE DAS OBSERVAÇÕES DO ESTUDO</b> .....	<b>65</b>
<b>9 DISCUSSÃO</b> .....	<b>67</b>
9.1 ASSIMETRIAS NA DISTRIBUIÇÃO DE PESO (ADP) ENTRE MEMBROS INFERIORES .....	68
9.2 ATIVAÇÕES MUSCULARES: ATIVIDADE MUSCULAR MÉDIA, DEMANDA MUSCULAR, CORRELAÇÃO ENTRE ADP E ATIVIDADE MUSCULAR MÉDIA .....	74
9.3 CO-CONTRAÇÕES MUSCULARES .....	77
9.4 MEDIDAS BIOLÓGICAS.....	78
9.5 CORRELAÇÃO ENTRE GASTO ENERGÉTICO E DEMANDA MUSCULAR TOTAL .....	80
<b>10 CONCLUSÃO</b> .....	<b>82</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>83</b>

<b>ANEXOS .....</b>	<b>94</b>
ANEXO I – FICHA DE ANAMNESE .....	94
ANEXO II – QUESTIONÁRIO IPAQ (ADULTOS) .....	97
ANEXO III- QUESTIONÁRIO IPAQ (ADAPTADO PARA IDOSOS).....	102
ANEXO V – FREQUÊNCIA DE OCORRÊNCIA DOS ÍNDICES DE CO-CONTRAÇÃO MUSCULAR DAS COXAS DIREITA ( <i>ICo COXA D</i> ) E ESQUERDA ( <i>ICo COXA E</i> ), PERNAS DIREITA ( <i>ICo PERNA D</i> ) E ESQUERDA ( <i>ICo PERNA E</i> ), PARA OS GRUPOS JOVENS E IDOSOS EM TODAS AS CONDIÇÕES EXPERIMENTAIS .....	107
ANEXO VI – PRODUÇÃO CIENTÍFICA DURANTE O CURSO DE DOUTORADO (MAIO/2010 - DEZEMBRO/2014)	

# 1 Introdução

A manutenção da postura em pé é considerada uma tarefa complexa do ponto de vista do controle motor, além de se tratar de uma das mais importantes habilidades motoras dos seres humanos. O gasto energético e a eficiência neuromuscular exigidos durante essa atividade levam a necessidade de constantes modificações nos padrões de movimento que variam entre gênero (SACKLEY; LINCOLN, 1991), idade e tarefa (ANKER et al., 2008; CALDWELL et al., 1986; HORTOBAGYI et al., 2009; HOUDIJK et al., 2009a; MACALUSO et al., 2002; NEPI et al., 2011).

O ato de permanecer em pé durante as atividades da vida diária, seja esperando em uma fila de ônibus, no trabalho ou conversando com alguém, envolve a adoção de uma infinidade de posturas. Nessas atividades, nas quais ficamos em pé por um tempo prolongado, frequentemente permanecemos de maneira irrestrita, ou o que podemos chamar de postura natural/relaxada. Quando relaxado, o indivíduo não fica completamente imóvel e de tempos em tempos produz mudanças posturais (DUARTE; HARVEY; ZATSIORSKY, 2000; GALLAGHER; NELSON-WONG; CALLAGHAN, 2011; LAFOND et al., 2009; PRADO; DINATO; DUARTE, 2011).

O comportamento de não ficar imóvel ainda não é muito bem compreendido, mas acredita-se que seja uma forma de evitar o desconforto, a fadiga muscular e a sobrecarga articular decorrentes da permanência prolongada na mesma postura (CAVANAGH; RODGERS; IIBOSHI, 1987; DUARTE; ZATSIORSKY, 1999,2000; EDWARDS, 1988; KRAEMER et al., 2000a; KRAEMER et al., 2000b; LAFOND et al., 2009; WHISTANCE et al., 1995).

Dentre as diversas estratégias de mudanças posturais, a transferência de peso corporal entre membros inferiores (mecanismo de carga e descarga) pode ser adotada durante a postura relaxada. Nesse sentido, é possível avaliar a postura em duas situações: quando o peso corporal é igualmente distribuído entre os dois membros ou quando concentramos o peso corporal totalmente ou majoritariamente em apenas uma das pernas, enquanto a outra suporta pouco ou praticamente não

suporta peso (GALLAGHER; NELSON-WONG; CALLAGHAN, 2011; WINTER et al., 2003).

Complementa-se que a distribuição do peso corporal pode servir para caracterizar as simetrias ou assimetrias posturais em tarefas envolvendo a postura ereta (ANKER et al., 2008; GALLAGHER; NELSON-WONG; CALLAGHAN, 2011; MARIGOLD; ENG, 2006). Assimetrias anatômicas, fisiológicas e funcionais são comuns em todos os indivíduos e justificam as dominâncias laterais, variações nas curvaturas da coluna no plano frontal, ou até mesmo diferenças entre os hemisférios cerebrais (AUERBACH; RUFF, 2006; GUTNIK et al., 2008).

Da mesma forma, seres humanos parecem ser naturalmente assimétricos em posturas temporariamente adotadas em tarefas do dia a dia (DUARTE; HARVEY; ZATSIORSKY, 2000; FREITAS et al., 2005; GALLAGHER; NELSON-WONG; CALLAGHAN, 2011). Assim, supõe-se que a postura relaxada envolva certa assimetria na distribuição de peso corporal sobre os membros inferiores e, portanto, acredita-se ser uma forma mais eficiente, em termos de esforço muscular ou de gasto energético, para os indivíduos controlarem o equilíbrio na postura em pé (DANION; LATASH, 2011; KRAEMER et al., 2000a; PRADO; DINATO; DUARTE, 2011).

Outro aspecto relevante é que diferentes comportamentos quanto à assimetria na distribuição de peso decorrem de fatores como idade (ANKER et al., 2008; GALLAGHER; NELSON-WONG; CALLAGHAN, 2011), gênero (NEPI et al., 2011; SACKLEY; LINCOLN, 1991), tipo de tarefa ou presença de doenças (AGRAWAL et al., 2011; CHRISTIANSEN; STEVENS-LAPSLEY, 2010; PEREIRA; BOTELHO; MARTINS, 2010).

Até mesmo indivíduos jovens apresentam certa dificuldade em manter o peso igualmente distribuído entre membros, mesmo na postura quieta (CALDWELL et al., 1986). Portanto, espera-se que as assimetrias posturais aumentem com o avanço da idade (BLASZCZYK et al., 2000; SACKLEY; LINCOLN, 1991), ou na presença de doenças que causam comprometimento unilateral (CHENG et al., 2001; CHRISTIANSEN; STEVENS-LAPSLEY, 2010; MARIGOLD; ENG, 2006).

Do ponto de vista metabólico, manter-se na postura em pé requer mínimo gasto energético para o ser humano realizar os ajustes circulatórios, respiratórios e as constantes correções musculares. Do mesmo modo, tarefas com maiores demandas posturais resultam em um maior esforço muscular e conseqüentemente

no aumento do consumo de oxigênio, compatível com um acréscimo no gasto energético (HOUDIJK et al., 2009a; KANADE; GOKHALE; RAO, 2001; LEVINE; SCHLEUSNER; JENSEN, 2000; MIAN et al., 2006; PETERSON; MARTIN, 2010).

Espera-se que variações de distribuição do peso corporal durante a postura relaxada ocorram distintamente em adultos jovens e idosos e da mesma maneira, podem exigir esforços musculares variados e assim influenciar no gasto energético (HOUDIJK et al., 2010; MIAN et al., 2006; PETERSON; MARTIN, 2010).

Nos trabalhos de FREITAS et al., (2005) e PRADO; DINATO; DUARTE, (2011) observou-se que, em contraste com os jovens, idosos movem-se menos e produzem transferências de peso de menores amplitudes na postura relaxada. O estudo de PRADO; DINATO; DUARTE, (2011) sugere que idosos exibem uma postura mais fixa possivelmente com o intuito de gastar menos energia em tarefas de longa duração. Alternativamente, idosos adotariam esse comportamento por apresentarem dificuldade em realizar transferências de peso entre membros em decorrência de produção constante de co-contrações musculares.

Em acordo com esta suposição, certos estudos reportam que produzir co-contrações musculares contribuem para aumentar a rigidez articular, o que facilitaria o controle da postura em idosos, sendo uma estratégia frequentemente observada nessa população durante as posturas ereta quieta (LAUGHTON et al., 2003) e perturbada (HORTOBAGYI; DEVITA, 2000; NAGAI et al., 2011; SCHMITZ et al., 2009). No entanto, essa estratégia pode acarretar em aumento do gasto energético, redução na capacidade de produzir força e comprometimento na coordenação dos membros inferiores, o que resultaria em maior risco de quedas (MIAN et al., 2006; PEREIRA; GONCALVES, 2011).

A hipótese de modificações no padrão de ativação muscular dos idosos deve ser considerada na tentativa de compreender o que leva essa população a produzir poucas mudanças posturais durante a postura relaxada, mas até o momento não há estudos científicos que investiguem tais suposições.

A partir dos estudos de BLASZCZYK et al. (2000), CALDWELL et al. (1986) e JONSSON; HENRIKSSON; HIRSCHFELD (2007) verifica-se que seres humanos apresentam assimetria na distribuição de peso corporal em torno de 12% na postura ereta quieta. Entretanto, nesse tipo de tarefa o indivíduo é instruído a permanecer o mais parado possível e adotar uma postura menos assimétrica durante o experimento. Esses procedimentos, realizados em laboratório, não reproduzem

claramente o comportamento de indivíduos em atividade do cotidiano. Desse modo, há a necessidade de impor ao sujeito uma postura mais natural, na qual, certamente, o comportamento será diferente daquela postura imposta pelo avaliador.

A grande importância em entender como idosos controlam o movimento na postura relaxada reside no fato de ela ser uma atividade comum do dia a dia, e que, manter-se em pé por um longo período, sem mudar de posição, pode causar fadiga. Mais especificamente, conhecer o efeito do envelhecimento nas transferências laterais de peso não é importante apenas para entender a postura relaxada, mas para a mobilidade funcional do idoso, pois trata-se de uma estratégia motora usada para terminar ou iniciar grande parte das atividades do cotidiano na postura ereta.

Em adição à falta de movimentação, mudanças no padrão de atividade muscular podem comprometer ainda mais o equilíbrio, aumentar o gasto energético, o que predispõe o idoso a fadiga, resultando em sérias consequências como aumento no risco de quedas (HOUDIJK et al., 2009a; MIAN et al., 2006; PETERSON; MARTIN, 2010).

Ressalta-se que atualmente não há estudos científicos que relacionam assimetrias posturais com as ativações musculares ou gasto energético, em atividades envolvendo a postura relaxada para indivíduos jovens ou idosos. Ademais, não é conhecida a razão pela qual idosos adotam a estratégia de congelamento durante essa postura. Os resultados na literatura são escassos e estão apenas preocupados em descrever assimetrias na postura ereta quieta.

Diante de tais apontamentos, as seguintes perguntas podem ser levantadas: quão assimétricos somos na postura relaxada em comparação com a postura ereta quieta? Qual a frequência de permanência em posturas assimétricas para jovens e idosos? O comportamento na postura relaxada depende do tipo de tarefa executada enquanto permanecemos em pé? Quando somos assimétricos apresentamos uma maior atividade muscular? Jovens e idosos apresentam preferência de lado durante as posturas assimétricas? Em qual condição há uma maior gasto energético, nas posturas simétrica ou assimétrica? Há diferença de gasto energético entre jovens e idosos durante a postura ereta?

Nossas hipóteses são que na postura relaxada os indivíduos são naturalmente assimétricos, mesmo na postura ereta quieta certa assimetria poderá ser observada. Em condições de assimetria as atividades musculares serão diferentes em comparação com a postura simétrica. Acreditamos que idosos

apresentarão uma maior ativação muscular ou até co-contração em relação a jovens. Assim esperamos observar um maior gasto energético em idosos.

O presente estudo pode trazer novos entendimentos sobre o impacto de atividades do dia a dia para seres humanos, principalmente em idosos. Conhecer o comportamento do idoso em situações de simetria e assimetria posturais pode contribuir para um melhor entendimento quanto à adoção de posturas mais fixas em tarefas onde mínima restrição postural é imposta, bem como auxiliar na elaboração de programas de reabilitação para prevenção de quedas nessa população.

## 2 Objetivos

O presente estudo investigou as assimetrias posturais, demandas musculares e gasto energético em jovens e idosos durante a postura ereta. Para tanto, dois experimentos foram conduzidos e contemplaram os seguintes objetivos:

### **Experimento 1: Assimetrias na distribuição de peso em jovens durante a postura ereta quieta e relaxada**

- Analisar as assimetrias na distribuição de peso corporal entre membros inferiores, preferência de lado e frequência de permanência em posturas simétricas ou assimétricas em adultos jovens durante a postura ereta quieta e relaxada;
- Analisar as diferenças nas assimetrias na distribuição de peso corporal entre gêneros durante a postura ereta quieta e relaxada;
- Avaliar a reprodutibilidade do experimento e a repetitividade das assimetrias posturais em relação à natureza da condição experimental e entre sessões, respectivamente.

### **Experimento 2: Assimetrias na distribuição de peso, ativações musculares e gasto energético em jovens e idosos na postura ereta**

- Analisar as assimetrias na distribuição de peso corporal entre membros inferiores, preferência de lado e frequência de permanência em posturas simétricas ou assimétricas em jovens e idosos em diferentes posturas;
- Verificar a relação entre nível de atividade física e assimetria postural;
- Analisar as ativações musculares, co-contrações e demandas musculares de jovens e idosos em posturas simétricas e assimétricas;

- Verificar a relação entre assimetrias na distribuição de peso e atividade muscular;
- Analisar o gasto energético de jovens e idosos em situações de simetria e assimetria posturais;
- Verificar relação entre demanda muscular e gasto energético nas condições de simetria e assimetria posturais para jovens e idosos;

### **3 Revisão da literatura**

Esta revisão de literatura foi organizada em cinco seções principais para facilitar a apresentação das informações relevantes para o entendimento do presente estudo. Inicialmente foi feita uma breve descrição sobre a postura ereta quieta e relaxada em adultos jovens e idosos. Em seguida são apresentadas certas modificações estruturais e funcionais decorrentes do processo de envelhecimento. A terceira seção revisa a estratégia de carga e descarga ou de transferência de peso na postura ereta. Posteriormente é abordada a questão das assimetrias posturais em diferentes atividades e por fim, apresentados estudos que buscam entender a demanda metabólica envolvida na postura ereta humana.

#### **3.1 Postura ereta quieta e relaxada em jovens e idosos**

As características da postura ereta humana têm sido foco de investigação há mais de um século (HELLEBRAND; NELSON; LARSEN, 1943; HELLEBRANDT et al., 1938; JOSEPH; WILLIAMS, 1957; LONGET, 1861; REYNOLDS; LOVETT, 1909; VIERORDT, 1877), e para entender como controlamos o equilíbrio na postura em pé, parte dos estudos investigaram o controle postural em tarefas onde o indivíduo deveria permanecer o mais parado possível (postura ereta quieta). Como resultado, as pesquisas são consistentes ao mostrarem que apesar das pessoas serem instruídas a não se moverem, elas não ficam completamente paradas e uma pequena e contínua oscilação corporal é observada (FREITAS; DUARTE, 2012; HORAK; MACPHERSON, 1996; KLEIN et al., 2010; MEZZARANE; KOHN, 2007; NEJC et al., 2010; PRADO; STOFFREGEN; DUARTE, 2007; STOFFREGEN et al., 2000; VUILLERME et al., 2006).

Assim como na postura ereta quieta, avaliar a capacidade de seres humanos em controlar o equilíbrio em situações dinâmicas tem um significado importante, uma vez que são situações comuns em nosso cotidiano. Seja por meio de uma perturbação externa ou da própria movimentação voluntária do sujeito, esse tipo de

tarefa permite avaliar os ajustes posturais necessários para o indivíduo reorientar o corpo em relação à gravidade e assim garantir o equilíbrio (DOUMAS; SMOLDERS; KRAMPE, 2008; FREITAS; DUARTE; LATASH, 2006; FREITAS et al., 2005; GILL et al., 2001; KLEIN et al., 2010; WINTER, 1995).

Nessas atividades descritas acima, comumente idosos apresentam maiores oscilações posturais em comparação a jovens. Esse comportamento é resultado da deterioração do sistema de controle postural decorrente do envelhecimento, que, associada a doenças, acarreta em sérias consequências como quedas, primeira causa de mortes acidentais nesta população (ALEXANDER, 1994; AMIRIDIS; HATZITAKI; ARABATZI, 2003; GILL et al., 2001; HORAK; SHUPERT; MIRKA, 1989; MATHESON; DARLINGTON; SMITH, 1999; PRADO; STOFFREGEN; DUARTE, 2007; SHELDON, 1963).

Apesar de comumente utilizadas, algumas condições experimentais que exigem do indivíduo ficar o mais parado possível não representam claramente como humanos se comportam na postura em pé em atividades do dia a dia. Tarefas do cotidiano, como conversar com alguém, aguardar na fila do banco ou esperar por um ônibus, envolvem a permanência da postura em pé por um período prolongado de tempo. Nestas situações, adotamos uma postura irrestrita, podendo ser chamada também de postura relaxada, na qual não permanecemos totalmente parados e de tempos em tempos realizamos mudanças posturais (DUARTE; HARVEY; ZATSIORSKY, 2000; FREITAS et al., 2005; GALLAGHER; NELSON-WONG; CALLAGHAN, 2011; LAFOND et al., 2009; PRADO; DINATO; DUARTE, 2011).

Poucos são os estudos que procuram entender como jovens saudáveis, com lesões musculoesqueléticas ou idosos controlam o equilíbrio na postura relaxada. De modo geral, a literatura reporta que tanto jovens quanto idosos eventualmente mudam de posição em atividades de longa permanência na postura em pé (DUARTE; HARVEY; ZATSIORSKY, 2000; DUARTE; ZATSIORSKY, 1999,2000; FREITAS et al., 2005; GALLAGHER; NELSON-WONG; CALLAGHAN, 2011; LAFOND et al., 2009; PRADO; DINATO; DUARTE, 2011).

Apesar de não ser muito claro o motivo de produzirmos mudanças posturais na postura relaxada, acredita-se que este fenômeno seja desencadeado pelo sistema de controle postural para reduzir o desconforto causado por fatores fisiológicos (aumento do acúmulo de sangue venoso nos membros inferiores, oclusão do fluxo sanguíneo, fadiga muscular e aumento da pressão articular) e

psicológicos (aumento da tensão, stress mental e redução da motivação e concentração) (CAVANAGH; RODGERS; IIBOSHI, 1987; DUARTE; ZATSIORSKY, 1999,2000; EDWARDS, 1988; KRAEMER et al., 2000b; LAFOND et al., 2009; WHISTANCE et al., 1995).

As consequências de não se produzir mudanças posturais, seja na postura em pé, sentada ou deitada, são a sobrecarga mecânica em certas regiões do corpo por tempo demasiado e o prejuízo na circulação sanguínea nestas áreas. Com o fluxo de sangue deficiente, o aporte de oxigênio e nutrientes é comprometido, o que por sua vez pode afetar a integridade dos tecidos e órgãos destas regiões (CAVANAGH; RODGERS; IIBOSHI, 1987; DUARTE; ZATSIORSKY, 1999,2000; EDWARDS, 1988; KRAEMER et al., 2000b; LAFOND et al., 2009; WHISTANCE et al., 1995).

Os estudos anteriores envolvendo a postura relaxada (FREITAS et al., 2005; PRADO; DINATO; DUARTE, 2011) observaram que jovens apresentam uma oscilação contínua, lenta e de baixa amplitude, interrompida por mudanças posturais rápidas, em média duas mudanças a cada minuto. Entretanto, após um longo período de permanência na postura em pé, tanto o controle postural de jovens (LAFOND et al., 2009; MADELEINE; VOIGT; ARENDT-NIELSEN, 1998; RYS; KONZ, 1994; ZHANG; DRURY; WOOLEY, 1991) quanto de idosos (FREITAS et al., 2005) é prejudicado, mesmo quando mudanças posturais são produzidas.

Quanto aos idosos deve-se considerar que as modificações fisiológicas relacionadas ao envelhecimento poderiam, hipoteticamente, deixá-los mais vulneráveis a esse tipo de tarefa e, conseqüentemente, os idosos supostamente apresentariam mudanças posturais com maior frequência e de maiores amplitudes. No entanto, os pioneiros na investigação do comportamento do idoso na postura relaxada contrariaram essa hipótese ao observarem nessa população, que as mudanças posturais, como a transferências de peso entre membros inferiores, foram menos frequentes e de menores amplitudes em comparação aos adultos jovens, o que resultou num comportamento denominado como 'estratégia de congelamento' (FREITAS et al., 2005; PRADO; DINATO; DUARTE, 2011).

Da comparação entre adultos jovens e idosos, observa-se que mobilidade, isto é, capacidade de movimentar-se em diferentes situações é algo importante e que a mobilidade na postura relaxada é comprometida com o envelhecimento. A partir disso, FREITAS et al., (2005) hipotetizaram que a diminuição de mudanças

posturais durante a postura relaxada poderia estar relacionada à diminuição geral da mobilidade de idosos.

Para testar esta hipótese, PRADO, DINATO e DUARTE (2011) registraram as transferências de peso entre membros inferiores em idoso durante a postura relaxada e avaliaram a mobilidade dos sujeitos por meio dos testes de levantar e andar cronometrado e dos limites de estabilidade. Mesmo após orientar os participantes a movimentarem-se livremente na postura relaxada, idosos exibiram transferências de peso de menores amplitudes e os resultados dos testes de mobilidade foram similares aos de jovens. Diante disso, PRADO; DINATO; DUARTE (2011) sugeriram que a mobilidade corporal geral talvez não esteja relacionada ao comportamento observado em idosos saudáveis nesse tipo de tarefa.

Alguns estudos sugerem que as mudanças posturais durante a postura relaxada podem ser vistas como respostas adequadas e efetivas do sistema de controle postural para executar a tarefa com mínimo esforço (DANION; LATASH, 2011). Entretanto, o fato de idosos produzirem menos mudanças posturais, a utilizarem menos a estratégia de transferência de peso de uma perna para a outra ao permanecerem na postura relaxada, provavelmente está relacionado à deterioração do sistema de controle postural (FREITAS et al., 2005; PRADO; DINATO; DUARTE, 2011).

Os estudos científicos são escassos a respeito da investigação das mudanças posturais de jovens e idosos na postura relaxada. Além disso, até o momento não há estudos que buscam compreender o que leva a população idosa a produzir menos transferências laterais de peso e permanecer numa postura mais fixa em situações onde mínima restrição postural é imposta.

### **3.2 Ativações musculares em jovens e idosos na postura ereta**

Diversas modificações estruturais e funcionais no sistema neuromuscular ocorrem durante o processo de envelhecimento. Dentre as mudanças funcionais destacam-se a diminuição da força e da potência muscular, da coordenação motora e da agilidade (HAKKINEN et al., 2001). As consequências dessas alterações para o

idoso podem dificultar a produção de respostas motoras adequadas frente a perturbações posturais, e assim deixá-los mais vulneráveis a desequilíbrios e conseqüentemente quedas (REID et al., 2008).

Apesar da postura ereta não exigir grandes produções de força (em média 4-6% da força máxima, em jovens), para mantê-la são necessárias ações musculares constantes e coordenadas com o intuito de controlar as oscilações do corpo (BORG et al., 2007; KLEIN et al., 2010; TIKKANEN et al., 2013). Porém, um comportamento observado tanto em idosos com histórico de quedas (LAUGHTON et al., 2003) ou pacientes neurológicos (HOUDIJK et al., 2010), quanto em idosos saudáveis (MACALUSO et al., 2002; NAGAI et al., 2011; SCHMITZ et al., 2009) é o aumento da atividade muscular acompanhado ou não de co-contração muscular em relação a indivíduos jovens.

Essa estratégia de co-contração que idosos adotam é frequentemente observada em tarefas que envolvem a movimentação de uma única articulação (MACALUSO et al., 2002), na postura ereta quieta (LAUGHTON et al., 2003; NAGAI et al., 2011), no andar em diferentes velocidades (HORTOBAGYI et al., 2009; MIAN et al., 2006; NAGAI et al., 2011; PETERSON; MARTIN, 2010; SCHMITZ et al., 2009), ou ao descer escadas (HORTOBAGYI; DEVITA, 2000).

Recentemente NAGAI et al., (2011) e SCHMITZ et al., (2009) observaram em idosos saudáveis co-contração entre músculos sóleo e tibial anterior durante a postura ereta quieta e no andar (fase de apoio médio). Ao se tratar de idosos com histórico de quedas, a magnitude da co-contração muscular chegou a ser 30% maior que em idosos saudáveis (LAUGHTON et al., 2003).

Uma possível explicação para idosos empregarem essa estratégia de co-contração seria para aumentar a rigidez articular, restringir a movimentação das diferentes articulações e isso facilitaria esses indivíduos a controlarem o equilíbrio na postura ereta (HORAK; SHUPERT; MIRKA, 1989; LAUGHTON et al., 2003; MELZER; BENJUYA; KAPLANSKI, 2001). No entanto, adotar essa estratégia pode trazer outras conseqüências para o idoso, como por exemplo, a diminuição na capacidade de produção de força máxima em atividades motoras simples, como a extensão do joelho (HAKKINEN et al., 1998).

Ainda em relação à ativação muscular, a literatura reporta a existência de maior variabilidade na produção de força por parte de idosos, em decorrência de modificações neuromusculares inerentes ao envelhecimento. Essa variabilidade

relaciona-se não somente à co-contracção muscular, mas também à variações na frequência de disparo das unidades motoras (ENOKA et al., 2003; TRACY et al., 2005; VAILLANCOURT; LARSSON; NEWELL, 2003; VAILLANCOURT; NEWELL, 2003).

Além das mudanças nos padrões de ativações musculares comprometerem a força e potência muscular de idosos, elas podem interferir nas estratégias motoras adotadas em atividades do dia a dia. Normalmente idosos passam a confiar menos na estratégia de tornozelo e passam a adotar a estratégia de quadril para manterem-se equilibrados, seja na postura ereta quieta ou perturbada (AMIRIDIS; HATZITAKI; ARABATZI, 2003; HORTOBAGYI et al., 2009; LAUGHTON et al., 2003; SCHMITZ et al., 2009). Desse modo, é esperado um o aumento na atividade muscular de músculos do quadril e coxa, em detrimento dos músculos que atuam na articulação do tornozelo. Os achados de LAUGHTON et al., (2003), HORTOBAGYI et al., (2009) e SCHMITZ et al., (2009) reforçam essa afirmação ao observarem maior co-contracção de par muscular da coxa ao invés da perna, na postura quieta e no andar.

De acordo com SCHMITZ et al., (2009), os motivos que favorecem modificações nas estratégias motoras relacionam-se as perdas de unidades motoras, fraqueza muscular ou redução das informações somatossensoriais predominantemente distais, condições fisiológicas e funcionais inerentes ao processo de envelhecimento.

Uma questão a ser considerada é que maiores ativações musculares ou envolvimento de mais músculos na execução de uma tarefa podem aumentar o gasto energético e favorecer a fadiga, o que, em idosos, contribui para um potencial aumento no risco de quedas (MACALUSO et al., 2002; MIAN et al., 2006). Desse modo, alguns estudos buscaram avaliar o efeito da co-contracção muscular sobre o gasto energético de jovens e idosos durante a locomoção (MIAN et al., 2006; PETERSON; MARTIN, 2010). De acordo com esses estudos produzir co-contracção muscular induz o idoso a um maior gasto energético, levando-o mais facilmente à fadiga, mesmo em atividades de curta duração.

Em adição, GALLAGHER; NELSON-WONG; CALLAGHAN (2011) sugerem que a co-contracção muscular pode dificultar a realização da transferência de peso entre membros durante a postura prolongada, o que resulta na adoção de uma postura mais fixa e isso poderia explicar em parte o comportamento de 'congelamento' do idoso na postura relaxada.

Embora as investigações concentrem-se nas ativações musculares em atividades envolvendo perturbações externas ou tarefas dinâmicas como o andar, são escassos os estudos que buscam entender as ativações musculares de idosos na postura ereta quieta ou relaxada.

### **3.3 Transferência de peso entre membros inferiores na postura ereta**

Ao considerarmos que a postura ereta quieta pode ser descrita como um modelo de pêndulo simples invertido, verifica-se que as oscilações posturais ocorrem em maior parte na direção antero-posterior, principalmente em torno da articulação do tornozelo, de modo que os músculos que atuam nessa articulação contribuem para que sejamos capazes de controlar o centro de massa (CM) dentro da base de suporte (WINTER, 1995).

Já em situações onde o indivíduo movimenta-se livremente, como na postura relaxada, observa-se periodicamente mudanças posturais produzidas por meio do emprego de diferentes estratégias motoras, das quais destaca-se a transferência de peso entre membros inferiores. Nessa estratégia, os movimentos corporais ocorrem principalmente na direção médio-lateral e contam com a participação da articulação do quadril (GENTHON; ROUGIER, 2005; ROUGIER, 2007; ROUGIER; GENTHON, 2009; WINTER, 1995; WINTER et al., 2003).

Ao transferirmos quase que todo o peso corporal para uma das pernas, acredita-se que parte da maior estabilidade postural é garantida por meio das propriedades viscoelásticas das estruturas passivas articulares, sem necessitarmos de um grande esforço muscular. Essa noção da contribuição das estruturas passivas para a estabilidade postural foi descrita inicialmente por LONGET (1861), que supôs que a descarga de peso sobre uma perna resulta na projeção do centro de gravidade sobre a articulação do tornozelo, favorecendo a extensão do joelho e a adução máxima da articulação do quadril. Em consequência dessa movimentação articular extrema, há um aumento na resistência passiva imposta pelos ligamentos do joelho e quadril, que ajudam a limitar o deslocamento lateral excessivo do corpo

e, assim, auxilia o indivíduo a controlar o equilíbrio em posturas mais assimétricas (LONGET, 1861).

Em particular, a transferência de peso é essencial para iniciar ou terminar qualquer tipo de movimento corporal voluntário. Portanto, conhecer o efeito do envelhecimento nas transferências laterais de peso é importantes para identificar possíveis alterações na mobilidade funcional, pois trata-se de uma estratégia motora usada para terminar ou iniciar a maioria das atividades do cotidiano.

Outro aspecto relevante são os diferentes comportamentos quanto às mudanças posturais em decorrência de fatores, gênero, tipo de tarefa ou presença de doenças (AGRAWAL et al., 2011; CHRISTIANSEN; STEVENS-LAPSLEY, 2010; NEPI et al., 2011; PEREIRA; BOTELHO; MARTINS, 2010). A literatura reporta que com o avanço da idade, em indivíduos com sintomas dolorosos, pacientes com doenças neurológicas ou musculoesqueléticas, essa habilidade de transferência lateral de peso é modificada, em situações como o início do andar, do sentar ao levantar (CHRISTIANSEN; STEVENS-LAPSLEY, 2010) e até em pé (JONSSON; HENRIKSSON; HIRSCHFELD, 2007; PRADO; DINATO; DUARTE, 2011; TERMOZ et al., 2008).

Quanto ao fator idade, os estudos mostram que idosos apresentam dificuldade em controlar o equilíbrio principalmente na direção médio-lateral, portanto menores transferências de peso de uma perna para outra são observadas, e que esse comportamento é mais evidente quando associado a patologias típicas do envelhecimento, como por exemplo, a osteoartrose de joelho (CHRISTIANSEN; STEVENS-LAPSLEY, 2010; HALLIDAY et al., 1998; IKEDA et al., 1991; JONSSON; HENRIKSSON; HIRSCHFELD, 2007; KLEIN et al., 2010; OYELAMI-ADELEYE; ABATE; BLOMMEL, 2011).

Já em situações que envolvem grandes perturbações posturais, é comum idosos adotarem a estratégia motora do passo para restaurar o equilíbrio. Ao considerar que a eficiência dessa estratégia envolve justamente um aumento na transferência de peso de uma perna para outra para auxiliar no ajuste postural (BLASZCZYK; LOWE; HANSEN, 1994; BLASZCZYK et al., 2000), seria esperado que essa população adotasse posturas mais assimétricas em tarefas do dia a dia. Entretanto, ao se tratar da postura relaxada, isso não parece acontecer.

PRADO; DINATO; DUARTE, (2011) constataram que idosos produzem menos transferências de peso de maiores amplitudes (maiores que 50% do peso

corporal) em comparação a jovens. Mais detalhes sobre as transferências de peso em idosos durante a postura relaxada são apresentados no artigo PRADO; DINATO; DUARTE, (2011).

### **3.4 Assimetrias posturais**

Conforme apresentada na seção anterior, podemos entender a transferência de peso entre membros inferiores como uma estratégia de mudança postural e que pode ser utilizada para caracterizar as assimetrias posturais em atividades do cotidiano.

Ao considerar que seres humanos não são totalmente simétricos, nem mesmo na postura ereta quieta, e que normalmente possuem um membro dominante ao executar tarefas motoras, é provável encontrarmos na população assimetrias funcionais quanto à distribuição de peso. Esse comportamento parece ser comum a jovens e idosos (em média 7 a 15% de assimetria) (BLASZCZYK et al., 2000; CALDWELL et al., 1986; JONSSON; HENRIKSSON; HIRSCHFELD, 2007).

Como essas assimetrias posturais podem variar de acordo com a natureza da tarefa, isso pode resultar também em modificações no controle postural (JONSSON; HENRIKSSON; HIRSCHFELD, 2007). Desse modo, alguns estudos procuraram entender a relação entre controle do equilíbrio na postura em pé e assimetrias posturais submetendo os indivíduos a condições experimentais que envolveram a postura ereta quieta (ANKER et al., 2008; BLASZCZYK et al., 2000), a postura perturbada ou durante a assimetria voluntária na distribuição de peso (ANKER et al., 2008; GENTHON; ROUGIER, 2005; JONSSON; SEIGER; HIRSCHFELD, 2005; ROUGIER; GENTHON, 2009), mas ainda assim são poucos os estudos que investigaram essa relação.

Adicionalmente, variações no controle postural ou nas transferências de peso modificam-se com a idade, gênero ou presença de doenças, portanto são alvos de estudo adultos jovens (ANKER et al., 2008; GALLAGHER; NELSON-WONG; CALLAGHAN, 2011; PRADO; DINATO; DUARTE, 2011), adultos de meia idade (ANKER et al., 2008) idosos (BLASZCZYK et al., 2000; MARIGOLD; ENG, 2006;

PRADO; DINATO; DUARTE, 2011), indivíduos com comprometimentos muculoesqueléticos (AGRAWAL et al., 2011) ou déficits neurológicos (CHENG et al., 2001; MANSFIELD et al., 2013; MARIGOLD; ENG, 2006; PEREIRA; BOTELHO; MARTINS, 2010; SACKLEY, 1991).

Os primeiros registros da oscilação na postura ereta quieta foram realizados por VIERORDT em 1877, que chegou a estabelecer uma relação entre assimetrias posturais e equilíbrio. Em seu experimento, ele foi capaz de observar uma vantagem ao distribuir o peso corporal de modo assimétrico entre os membros inferiores. VIERORDT (1877) constatou que permanecer na “postura militar simétrica” resultava em maiores oscilações posturais, tanto na direção antero-posterior quanto médio-lateral. A partir de tais achados, ele concluiu que manter-se de modo assimétrico seria uma forma mais relaxada de permanecer na postura em pé.

Desde então, associações têm sido estabelecidas e, contrariamente aos achados de VIERORDT (1877), alguns estudos apontam para um efeito negativo sobre o controle postural ao nos mantermos excessivamente assimétricos na distribuição de peso (ANKER et al., 2008; BLASZCZYK et al., 2000; GENTHON; ROUGIER, 2005; MARIGOLD; ENG, 2006).

Apesar dos resultados serem controversos, parece que maiores assimetrias na distribuição de peso entre membros durante a postura ereta implicam em um aumento na oscilação postural tanto na direção antero-posterior (AP) quanto médio-lateral (ML), para jovens saudáveis (ANKER et al., 2008; GENTHON; ROUGIER, 2005; ROUGIER; GENTHON, 2009), indivíduos de meia idade (ANKER et al., 2008), idosos (BLASZCZYK et al., 2000; SACKLEY; LINCOLN, 1991) e em indivíduos com comprometimento neurológico (MARIGOLD; ENG, 2006).

Ainda, MARIGOLD e ENG (2006), ANKER et al., (2008) verificaram que essas oscilações posturais aumentam proporcionalmente às posturas mais assimétricas, e o aumento no deslocamento AP ocorre principalmente na perna de apoio, tanto em idosos (BLASZCZYK et al., 2000; JONSSON; SEIGER; HIRSCHFELD, 2005; MARIGOLD; ENG, 2006) quanto em jovens (ANKER et al., 2008; KING; WANG; NEWELL, 2012; ROUGIER; GENTHON, 2009; WANG; MOLENAAR; NEWELL, 2013).

Do ponto de vista mecânico, as posturas simétricas induzem a menores oscilações posturais e o controle do equilíbrio é garantido com maior facilidade

(ANKER et al., 2008; BLASZCZYK et al., 2000; GENTHON; ROUGIER, 2005; ROUGIER; GENTHON, 2009). Inversamente, as posturas mais assimétricas favorecem maiores oscilações posturais, e para alguns autores, esse aumento talvez seja resultado da adoção de estratégias compensatórias para realizar certas tarefas com o mínimo de esforço e maior eficiência (BLASZCZYK et al., 2000; DANION; LATASH, 2011; DUARTE; ZATSIORSKY, 2000).

Apesar do aumento na oscilação postural, a vantagem do idoso permanecer em posturas mais assimétricas é a redução de tempo necessário para adotar estratégias motoras eficientes, como por exemplo, a estratégia do passo, para restaurar o equilíbrio com maior facilidade diante de uma perturbação postural BLASZCZYK et al. (2000).

Pela transferência lateral de peso se tratar de uma estratégia motora usada em grande parte das atividades cotidianas, avaliá-las é importante para entender como seres humanos se comportam diante de uma atividade habitual como a postura relaxada. Estudos anteriores avaliaram as assimetrias na distribuição de peso em jovens e idosos na postura quieta, mas até o momento não há estudos científicos que investiguem assimetrias posturais em indivíduos jovens e idosos durante a postura relaxada.

### **3.5 Gasto energético na postura em pé**

Certos estudos afirmam que o gasto energético está diretamente relacionado ao trabalho muscular necessário para manter o corpo ereto contra a ação da gravidade enquanto realizamos uma determinada tarefa (LAY et al., 2002; SPARROW; NEWELL, 1998). Usualmente, realizar atividades básicas como permanecer na postura ereta de modo equilibrado requer pouco esforço muscular, o que resulta em um gasto energético baixo (CHANG et al., 2005; HELLEBRANDT et al., 1938; HOUDIJK et al., 2009a; MILES-CHAN et al., 2013; RUBINI; PAOLI; PARMAGNANI, 2012). No entanto, a partir da sétima década de vida, mesmo indivíduos saudáveis apresentam um maior gasto energético durante atividades do cotidiano (HOUDIJK et al., 2010; MIAN et al., 2006; PETERSON; MARTIN, 2010).

Algumas suposições para explicar essas mudanças no metabolismo dos idosos estão relacionadas às mudanças no padrão de recrutamento neuromuscular, como por exemplo, o aumento da atividade muscular. Adicionalmente, HOUDIJK et al., (2010) MIAN et al., (2006) e PETERSON, MARTIN, (2010) afirmam que a produção de co-contração muscular na postura ereta quieta ou no andar é uma estratégia comumente observada em idosos e justificaria o aumento no gasto energético. De acordo com SAHA et al., (2007), até mesmo mudanças no alinhamento postural do idoso, como por exemplo inclinação anterior do tronco (postura do tronco em flexão), que resultam em maior ativação muscular para opor-se às forças externas e manter o corpo ereto contra a ação da gravidade, favorecem o aumento do gasto energético.

Diversos são os estudos que investigaram o gasto energético em pacientes neurológicos (HOUDIJK et al., 2010), amputados (HOUDIJK et al., 2009b), jovens e idosos saudáveis, seja durante o andar (MIAN et al., 2006; PETERSON; MARTIN, 2010; TIKKANEN et al., 2014; VANDERPOOL; COLLINS; KUO, 2008; WATSON et al., 2008; WERT et al., 2010), ou no transporte de cargas (WATSON et al., 2008). Ainda assim grande parte deles tem um particular interesse sobre o gasto energético na locomoção.

Quanto aos idosos, MIAN et al., (2006) e PETERSON; MARTIN, (2010) verificaram que parte do acréscimo no gasto energético durante o andar em diferentes velocidades decorreu do maior tempo de duração da co-contração dos pares musculares da perna e coxa.

Em jovens, o aumento significativo no gasto energético durante o andar é observado, por exemplo, quando uma restrição na movimentação articular dos membros inferiores é imposta (VANDERPOOL; COLLINS; KUO, 2008). Restrições mecânicas articulares, como órteses ou artrodeses, não são raras em idosos, o que pode afetar o equilíbrio preferencialmente em atividades dinâmicas. Desse modo, torna-se relevante analisar o gasto energético em populações especiais sob diferentes situações.

Embora esses estudos investiguem uma tarefa dinâmica tão importante como a locomoção, isso torna difícil avaliar separadamente o gasto energético necessário simplesmente para manter equilíbrio na postura em pé, importante habilidade motora de seres humanos. Apesar da preocupação em conhecer o gasto energético na postura ereta quieta não ser recente (HELLEBRANDT; BROGDON; TEPPER, 1940;

TEPPER; HELLEBRANDT, 1938), as pesquisas sobre esse assunto são escassas, principalmente ao se tratar de idosos.

Parte dos estudos limitou-se a investigar o comportamento de jovens e verificou-se que o gasto energético na postura ereta quieta aumenta discretamente em relação ao repouso, em torno de 10% (HOUDIJK et al., 2009a; KANADE; GOKHALE; RAO, 2001; LEVINE; SCHLEUSNER; JENSEN, 2000; RUBINI; PAOLI; PARMAGNANI, 2012) e, de acordo com KANADE; GOKHALE; RAO (2001), tais modificações diferem entre gênero (homens possuem gasto energético aproximadamente 25% maior que mulheres nas posturas sentada e em pé), possivelmente em decorrência de composições corporais distintas.

Supõe-se que o discreto aumento no metabolismo na postura quieta decorre da baixa atividade muscular. Porém, em situações que envolvem perturbações posturais externas como manipulação da base de suporte ou privação de pistas visuais, o gasto energético aumenta significativamente (aproximadamente 60% em relação ao metabolismo basal) (HOUDIJK et al., 2009a), indicando que o gasto energético pode sofrer grandes variações de acordo com a natureza da tarefa.

Diante disso, LEVINE; SCHLEUSNER; JENSEN, (2000) preocuparam-se em registrar o gasto energético de jovens em uma condição mais natural, onde os indivíduos deveriam simular em laboratório movimentos habituais do cotidiano. Esse estudo constatou aumento do gasto energético na postura relaxada em relação à postura ereta quieta. Entretanto, uma limitação do trabalho de LEVINE; SCHLEUSNER; JENSEN, (2000) na análise do gasto energético durante a postura natural é que o aumento no metabolismo dos jovens atribuiu-se em parte ao sobrepeso de alguns participantes, não permitindo afirmar que o aumento no gasto energético tenha decorrido da natureza da condição experimental.

De acordo com o estudo de HOUDIJK et al. (2009a), perturbações posturais durante a postura ereta podem ter um impacto significativo no metabolismo, mesmo em jovens saudáveis, e certamente esse gasto energético “adicional” seria mais expressivo em indivíduos com patologias. De fato, HOUDIJK et al., (2010) observaram que, em pacientes neurológicos, o gasto energético em tarefas posturais similares ultrapassou em média 120% do custo energético basal (HOUDIJK et al., 2010).

Diferentes métodos têm sido propostos para estimar indiretamente o gasto energético despendido em uma tarefa. Dentre eles destacam-se a medida da

frequência cardíaca, da atividade muscular por meio de eletromiografia, o registro do número de passos ou da aceleração do corpo (BLAKE; WAKELING, 2013; PRAAGMAN et al., 2006; PRAAGMAN et al., 2003; RUBINI; PAOLI; PARMAGNANI, 2012; TSURUMI et al., 2002). Especificamente com relação ao registro do número de passos ou da aceleração corporal, sabe-se que dependendo do tipo de tarefa ou região do corpo onde os instrumentos são posicionados, pedômetros ou acelerômetros não são capazes de expressar claramente o comportamento do sujeito em diferentes tarefas. Em adição TSURUMI et al., (2002) salientam que em atividades de baixa intensidade, como permanecer sentado ou em pé, o aumento da frequência cardíaca é facilmente afetado pelas emoções, ingestão prévia de alimento, temperatura corporal ou atividade física que precede a avaliação.

Diante dessas limitações, diversos estudos empregaram o registro eletromiográfico e observam correlação entre atividade muscular e gasto energético nas posturas deitada, sentada, em pé (JAMMES; CAQUELARD; BADIÉ, 1998; PRAAGMAN et al., 2006; PRAAGMAN et al., 2003; RUBINI; PAOLI; PARMAGNANI, 2012; TSURUMI et al., 2002) ou em atividades de alta intensidade como corrida ou ciclismo (BLAKE; WAKELING, 2013; RUBINI; PAOLI; PARMAGNANI, 2012; TIKKANEN et al., 2014).

Ao considerar os estudos apresentados acima, supõe-se que dependendo da natureza da tarefa idosos poderão apresentar um gasto energético mais elevado em comparação a jovens, o que pode leva-lo a fadiga mais rapidamente, e assim comprometer significativamente o controle do equilíbrio. Parece que parte desse gasto energético é atribuído ao aumento da atividade muscular. No entanto, até o momento não é conhecido o gasto energético e a relação dessa variável com a atividade muscular de idosos na postura ereta quieta, e em jovens e idosos na postura relaxada.

## **4 Métodos – Experimento 1: Assimetrias na distribuição de peso em adultos jovens durante a postura ereta quieta e relaxada**

### **4.1 Seleção da amostra**

Participaram deste experimento 41 adultos jovens, recrutados voluntariamente, fisicamente ativos, dos quais 23 eram mulheres (idade média  $26\pm 9$  anos; massa  $61\pm 9$  kg; estatura  $163\pm 5$  cm; índice de massa corporal, IMC,  $23\pm 4$  kg/m<sup>2</sup>) e 18 eram homens (idade média  $26\pm 8$  anos, massa  $79\pm 15$  kg, estatura  $179\pm 8$  cm e IMC de  $25\pm 4$  kg/m<sup>2</sup>). Para um melhor conhecimento da amostra, os participantes responderam a um questionário de avaliação geral elaborado para o presente estudo que constou de anamnese clínica, hábitos comuns e preferência pedal (ANEXO I). Destaca-se que dos 41 participantes, apenas dois homens e três mulheres apresentaram dominância esquerda.

Foram incluídos no experimento aqueles indivíduos que não apresentaram dores ou lesões musculoesquelética em membros inferiores nos últimos três anos, deficiência visual ou auditiva, alterações de sensibilidade ou qualquer outro comprometimento que pudesse afetar o equilíbrio.

Antes da realização do experimento, todos os indivíduos assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE) (ANEXO IV), aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade de São Paulo, e foram informados sobre a possibilidade de desistência em participar da pesquisa a qualquer momento. Os procedimentos realizados durante o experimento não foram invasivos e envolveu um risco mínimo a saúde dos participantes.

## 4.2 Instrumentos

Durante o experimento, os participantes permaneceram em pé, em posição confortável sobre duas plataformas de força (figura 1), enquanto eram submetidos a certas tarefas posturais.

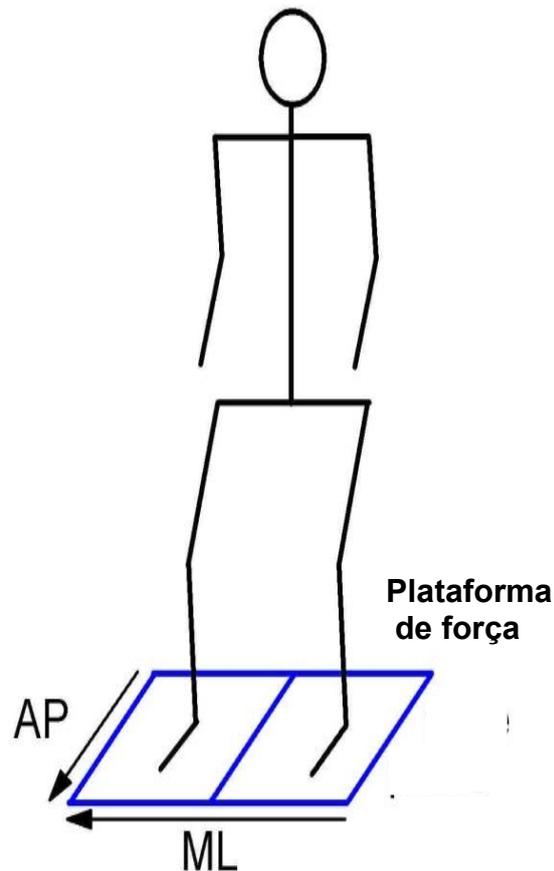


FIGURA 1 – Representação da posição do participante sobre as duas plataformas de força.

As forças de reação do solo (FRS) foram registradas por meio das plataformas de força (modelo OR6-2000, marca Advanced Mechanical Technology Inc., AMTI), medindo 50,8 X 46,4 cm (largura e altura, respectivamente), localizadas na sala de coletas do Laboratório de Biofísica da Escola de Educação Física e Esporte da USP. As principais grandezas físicas obtidas a partir desses equipamentos foram as forças (F) e momentos (M) nas três direções (antero-posterior - X, medio-lateral - Y e vertical - Z). Ainda, um projetor de vídeo e uma tela de projeção foram utilizados para reproduzir um documentário de televisão durante uma das condições experimentais.

A aquisição das FRS foi realizada pelo sistema de análise de movimento *Vicon Workstation*, com uma frequência de amostragem de 120Hz. Os registros de forças e momentos foram amplificados com um ganho de 40 mil vezes, filtrado por um filtro analógico do tipo *Butterworth*, com frequência de corte de 30Hz. Posteriormente, os dados foram processados e analisados por programas escritos em ambiente de programação *MatLab 11.0 (Mathworks, Inc.)*

### **4.3 Procedimentos e tarefas**

Cada participante compareceu duas vezes ao laboratório de Biofísica (localizado na Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo) para ser avaliado em dias distintos, com um intervalo mínimo de uma semana e máximo de duas entre a primeira e a segunda sessão (sessão 1 e 2, respectivamente). As avaliações envolveram dois tipos de tarefas posturais: uma tarefa chamada de postura RELAXADA e outra denominada QUIETA.

Durante a postura RELAXADA os participantes foram orientados a permanecerem em pé, com um pé em cada plataforma de força e informados que poderiam movimentar-se livremente caso sentissem necessidade. Os indivíduos não receberam instruções específicas de como permanecerem em pé, exceto que não deveriam colocar o pé fora dos limites da plataforma de força ou colocar os dois pés em uma única plataforma. A tarefa RELAXADA foi realizada em duas condições: a) VÍDEO – os sujeitos assistiram a um documentário de televisão reproduzido através de um aparelho projetor de vídeo em uma tela branca localizada a 3 metros de distância do participante enquanto permaneciam em pé. b) LEITURA – os voluntários leram um artigo de revista enquanto permaneceram em pé. Ambas as condições foram apresentadas ao sujeito de modo aleatório na mesma sessão, com uma duração de 16 minutos cada uma delas.

Durante a tarefa QUIETA, os sujeitos foram instruídos a permanecerem o mais parado possível, com os pés afastados a uma distância aproximadamente igual à largura entre os próprios ombros e com as mãos cruzadas a frente do corpo. A tarefa consistiu em olhar fixamente para um “X”, posicionado em uma parede a 3 metros de distância e a altura do alvo foi ajustada de acordo com a estatura de cada

sujeito. Foram realizadas três tentativas e cada uma com duração de 70 segundos. O posicionamento dos pés sobre a plataforma de força foi marcado com um giz para que os participantes pudessem retornar a mesma posição em caso de desequilíbrio ou movimento entre as tentativas.

Em cada sessão, realizou-se a tarefa QUIETA após à RELAXADA para que nessa última condição o participante não fosse influenciado pelas instruções dadas na tarefa QUIETA. Para testar a repetitividade do experimento todos os sujeitos realizaram as mesmas tarefas na sessão seguinte.

#### 4.4 Análise de dados

Os dados foram filtrados com um filtro de quarta ordem, do tipo passa-baixa *Butterworth*, com uma frequência de corte de 10 Hz. Os primeiros e últimos 5 segundos adquiridos na postura QUIETA foram descartados após o processo de filtragem do sinal, já na postura RELAXADA foram removidos os primeiros e últimos 30 segundos.

A partir do registro das forças verticais ( $Fz$ ) das pernas direita ( $FzD$ ) e esquerda ( $FzE$ ), foi possível quantificar a assimetria na distribuição de peso ao longo do tempo,  $ADP(t)$ , por meio da diferença de peso entre as pernas direita e esquerda, normalizada pelo peso corporal total do participante, conforme mostra a equação 1:

$$ADP(t) = \frac{(FzD(t) - FzE(t))}{(FzD(t) + FzE(t))} \quad (\text{eq. 1})$$

A distribuição de peso corporal pode variar de -1 (peso totalmente distribuído sobre a perna esquerda) a 1 (peso totalmente distribuído sobre a perna direita). Se a  $ADP(t)$  for “zero” significa que o sujeito está em perfeita simetria, isto é, o peso corporal encontra-se igualmente distribuído entre as pernas. A  $ADP(t)$  representa a assimetria em cada instante da tarefa e para desconsiderar a preferência de lado durante a assimetria calculou-se o valor médio absoluto do  $ADP(t)$ , que, ao longo do texto, será referido como  $|ADP|m$ . Para determinar se houve preferência de lado para a possível assimetria, foi calculado o valor médio de  $ADP(t)$  considerando seu sinal ( $ADP(t) > 0$  ou  $ADP(t) < 0$ ), definido como  $ADPm$ .

Para avaliar como a distribuição de peso pode variar ao longo do tempo, construiu-se um histograma da série temporal da assimetria na distribuição de peso e calculou-se a frequência de permanência em postura assimétrica para determinadas faixas de assimetria:  $ADP(t) > 0$  e  $ADP(t) < 0$ ;  $0 < ADP(t) < 0,1$  e  $-0,1 < ADP(t) < 0$  (faixa de pequena assimetria);  $ADP(t) > 0,5$ ;  $ADP(t) < -0,5$  (faixa de grande assimetria). Cada gráfico possui escala arbitrária no eixo vertical, mas todos os gráficos possuem área sob a curva igual a 1.

Um  $ADP$  de 0,1 representa 10% de assimetria e  $ADP$  de 0,5 diz respeito a 50% de assimetria entre membros. Permanecer 10% assimétrico significa que 55% do peso está distribuído sobre uma perna enquanto os outros 45% está na perna oposta. Assimetria de 50% significa que 75% do peso concentra-se em uma perna, enquanto 25% do peso total do indivíduo encontra-se sobre a outra perna. Os histogramas dos índices de assimetria foram confeccionados com intervalos de largura 0,01, mas os resultados apresentados são independentes dessa largura.

#### 4.5 Análise estatística

A análise estatística descritiva envolveu medidas de tendência central e variabilidade. A normalidade e homogeneidade das variâncias das variáveis  $|ADP|m$  e  $ADPm$  foram verificadas por meio dos testes *Kolmogorov-Smirnov* e *Levene*, respectivamente. Para determinar a presença de assimetria durante as tarefas RELAXADA (VIDEO e LEITURA) e QUIETA, comparou-se os valores de  $|ADP|m$  contra “zero” por meio do teste-t unicaudal para medidas independentes. Para determinar a preferência de lado da assimetria nas tarefas posturais, comparou-se os valores de  $ADPm$  contra “zero” através do teste t bicaudal. Ainda, empregou-se o teste t bicaudal para verificar diferenças entre gêneros quanto à massa, estatura, IMC e  $ADPm$ .

Para verificar a reprodutibilidade e repetitividade das variáveis, que representam a assimetria postural ao longo das sessões e entre os tipos de tarefa, calculou-se o coeficiente de correlação intraclasse (ICC) entre as sessões 1 e 2 e entre as tarefas VIDEO e LEITURA. Um nível de significância de 5% foi adotado para todos os testes estatísticos.

## 5 Resultados – Experimento 1

Todos os participantes foram capazes de realizar as tarefas e nenhum deles reportou desconforto ou fadiga entre ou após as condições experimentais. Com relação às características antropométricas as mulheres eram significativamente mais leves ( $t(39)=-4,6$ ,  $p<0,001$ ) e baixas ( $t(39)=-8,2$ ,  $p<0,001$ ) que homens, mas ambos apresentaram IMC similar ( $t(39)=-1,2$ ,  $p=0,2$ ). Além disso, foi possível observar diferenças entre homens e mulheres em relação às assimetrias posturais, o que será descrita a seguir.

### 5.1 Assimetrias na distribuição de peso (ADP) entre membros inferiores

Em relação às assimetrias na distribuição de peso corporal (*ADP*) entre membros inferiores, a figura 2 mostra um exemplo da série temporal da *ADP* durante a postura RELAXADA e QUIETA, para um participante do gênero masculino, bem como as forças verticais nas pernas direita (*FzD*) e esquerda (*FzE*) normalizadas pelo peso corporal do indivíduo. Valores positivos de *ADP* significam que o participante permaneceu com o peso distribuído sobre a perna direita e valores negativos representam que o peso corporal concentrou-se sobre a perna esquerda.

É evidente neste exemplo, que a restrição postural envolvida na tarefa QUIETA, e que não está presente na postura RELAXADA, resultou em diferentes comportamentos na distribuição de peso ao longo do tempo. Ainda, foi possível verificar um certo nível de assimetria (*ADPm em torno de 4% para homens e 5% para mulheres*), enquanto que na postura RELAXADA a assimetria foi maior (57%).

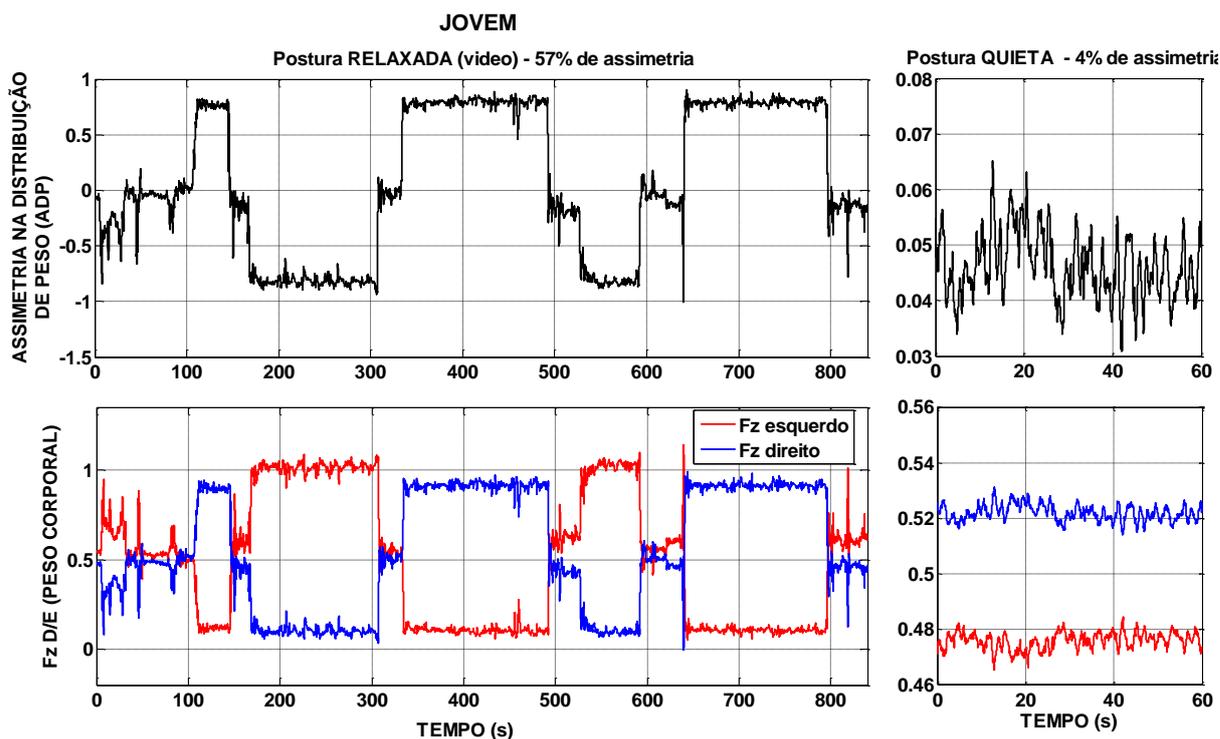


FIGURA 2 – Exemplo da série temporal da assimetria na distribuição de peso (*ADP*) (gráfico superior) e das forças verticais nas pernas direita (*FzD*, em azul) e esquerda (*FzE*, em vermelho) em unidades de peso corporal, durante a postura RELAXADA (a esquerda) com duração de 15 minutos e ereta QUIETA por 60 segundos (a direita) para um adulto jovem. Valores positivos da *ADP* indicam assimetrias em direção ao lado direito do corpo.

Tanto os homens quanto as mulheres foram significativamente assimétricos na distribuição de peso durante a postura QUIETA, no entanto essa assimetria foi pequena para ambos os gêneros ( $ADP_m < 10\%$ ). Não houve diferença significativa quanto ao gênero e não houve preferência de lado para ambos os gêneros durante a postura QUIETA (tabela 1).

Na postura RELAXADA os valores de assimetria na distribuição de peso (em média  $33 \pm 16\%$  para mulheres e  $17 \pm 11\%$  para homens) foram maiores quando comparados a postura QUIETA e tanto mulheres quanto homens foram significativamente assimétricos ( $p < 0,001$ ). Mulheres foram significativamente mais assimétricas que homens durante a postura RELAXADA ( $p < 0,001$ ) e houve uma pequena tendência das mulheres transferirem o peso corporal mais para o lado direito do corpo ( $p = 0,03$ ).

Os valores de  $|ADP|_m$  e  $ADP_m$ , mostrados na tabela 1, foram reproduzíveis entre as sessões 1 e 2 para as condições QUIETA ( $ADP_m$ :  $r = 0,82$ ,  $p < 0,001$ ;

$|ADP|m$ :  $r=0,65$ ,  $p=0,03$ ) e RELAXADA ( $ADPm$ : LEITURA:  $r=0,72$ , VÍDEO:  $r=0,72$ ;  $|ADP|m$ : LEITURA:  $r=0,70$ , VÍDEO:  $r=0,65$ , valores de  $p<0,03$ ). Ainda, não houve efeito de condição experimental durante a postura RELAXADA. Os valores de  $|ADP|m$  e  $ADPm$  não foram diferentes quanto às condições VIDEO ou LEITURA ( $ADPm$ : sessão 1:  $r=0,74$ , sessão 2:  $r=0,87$ ;  $|ADP|m$ : sessão 1:  $r=0,61$ , sessão 2:  $r=0,71$ , valores de  $p<0,01$ ).

TABELA 1 - Médias e desvios padrões ( $\pm DP$ ) das variáveis assimetria na distribuição de peso absoluta ( $|ADP|m$ ) e assimetria na distribuição de peso considerando seu sinal ( $ADPm$ ), para homens e mulheres durante as posturas QUIETA e RELAXADA. Valores positivos da  $ADPm$  indicam assimetrias em direção ao lado direito do corpo. Os resultados estatísticos para as comparações dos valores de  $ADP$  em relação a “zero” de assimetria entre gêneros também são apresentados.

Variáveis e comparações	Mulheres (N=23)	Homens (N=18)	Comparação entre gênero
<b>QUIETA</b>			
$ ADP m$	0,05 $\pm$ 0,04	0,04 $\pm$ 0,02	t(39)=1,1, p=0,27
$ ADP m$ versus zero	t(22)=5,8, p<0,001	t(17)=9,6, p<0,001	
$ADPm$	-0,02 $\pm$ 0,07	0,00 $\pm$ 0,04	t(39)=-1,3, p=0,2
$ADPm$ versus zero	t(22)=-1,5, p=0,1	t(17)=0,2, p=0,8	
<b>RELAXADA</b>			
$ ADP m$	0,33 $\pm$ 0,16	0,17 $\pm$ 0,11	t(39)=3,7, p<0,001
$ ADP m$ versus zero	t(22)=9,9, p<0,001	t(17)=6,2, p<0,001	
$ADPm$	0,04 $\pm$ 0,09	0,00 $\pm$ 0,08	t(39)=1,8, p=0,07
$ADPm$ versus zero	t(22)=2,3, p=0,03	t(17)=-0,3, p=0,7	

O histograma que representa a frequência de permanência nas diferentes faixas de assimetria na distribuição de peso durante o período da tarefa revelou, qualitativamente, um padrão similar de distribuição de peso entre homens e mulheres. No entanto, esses padrões foram muito distintos entre a postura QUIETA e RELAXADA (figura 3). Durante a postura QUIETA, o histograma da série temporal

das assimetrias na distribuição de peso apresentou valores próximos de “zero”, com maior frequência (indicando ausência de grandes assimetrias) seguida de um rápido declínio em valores de maiores assimetrias: 84% do tempo (52% do tempo para o lado esquerdo do corpo e 32% do tempo para o lado direito do corpo) os valores de assimetria na distribuição de peso (*ADP*) estiveram entre -0.1 e 0.1 (indicando que de 55% a 45% do peso corporal estavam distribuídos entre as pernas). No total, 58% do tempo os valores de *ADP* estiveram abaixo de “zero” (em direção ao lado esquerdo do corpo). Todos os participantes apresentaram esse padrão de comportamento na postura QUIETA. Desse modo, tal comportamento será referido como modo simples de distribuição de peso (ver figura 3).

Durante a postura RELAXADA, o histograma médio dos sujeitos da série temporal das assimetrias na distribuição de peso também apresentou mais frequentemente valores próximos de “zero”, seguido de um decréscimo nos valores de maiores assimetrias: 53% do tempo (31% para o lado esquerdo e 22% para o lado direito do corpo), a assimetria na distribuição de peso (*ADP*) esteve entre -0,1 e 0,1. No entanto, em -0,5 e 0,5 de assimetria a curva aumenta novamente, o que resulta em dois picos menores adicionais (em vermelho), um em cada lado da curva, simetricamente localizados em -0,8 e 0,8 indicando que 90% do peso corporal concentrou-se em uma perna, enquanto os 10% restante estavam na outra perna. No total, 53% do tempo a *ADP* esteve abaixo de “zero” (na direção do lado esquerdo). Dos 41 voluntários, 34 sujeitos (83%) produziram este padrão durante a postura RELAXADA, o qual será referido como modo duplo de distribuição de peso (ver figura 3, inferior). Os sete sujeitos restantes (5 homens) exibiram o modo simples de distribuição de peso na postura RELAXADA.

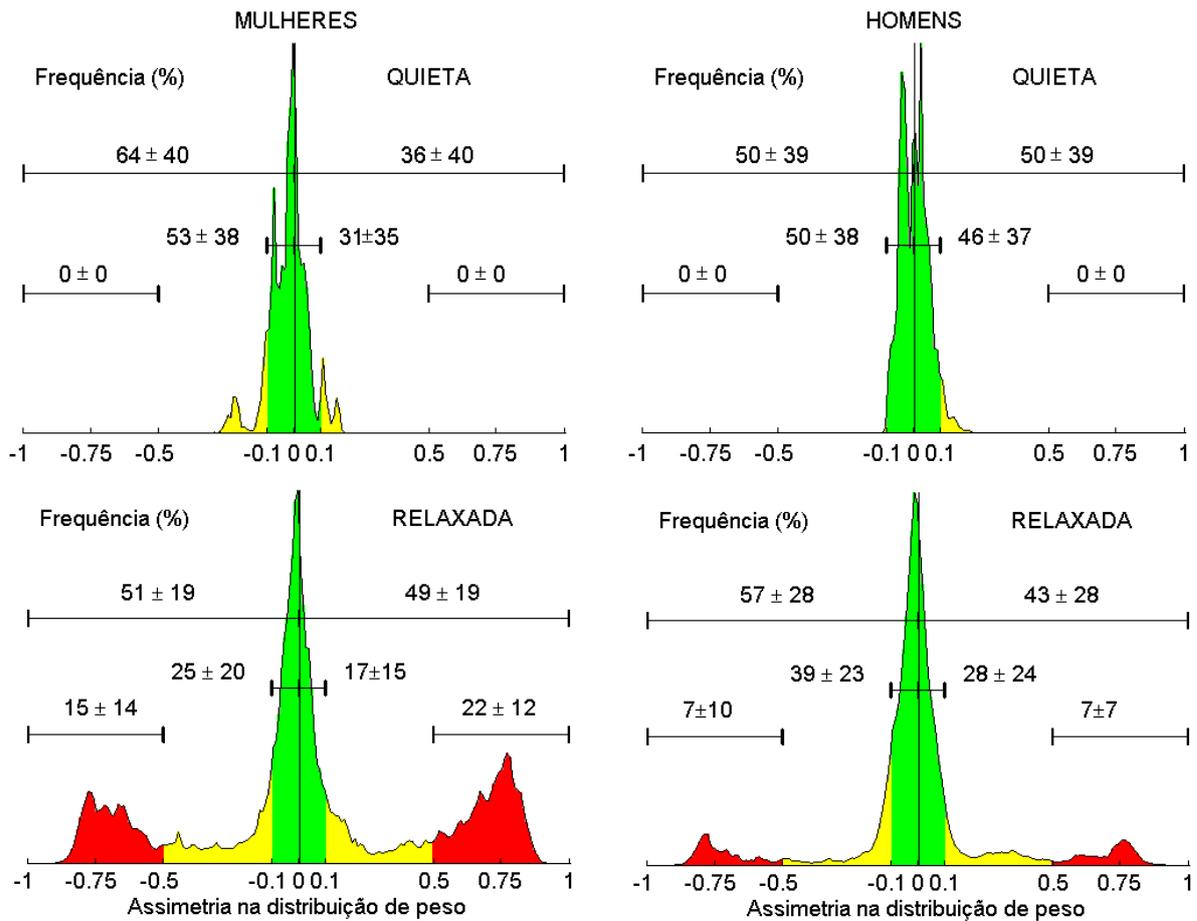


FIGURA 3 – Histograma que mostra a frequência de permanência nas diferentes faixas de assimetria na distribuição de peso (*ADP*) durante o período das tarefas QUIETA (superior) e RELAXADA (inferior), para mulheres (esquerda) e homens (direita). Os valores exibidos referem-se às médias ( $\pm$  desvio padrão) do grupo para o *ADP* nas faixas de assimetria pequena (área em verde; entre -0,1 e 0,1) e grande (área em vermelho; abaixo de -0,5 e acima de 0,5), considerando a preferência de lado. Cada gráfico possui escala arbitrária no eixo vertical, mas todos eles possuem área sob a curva igual a 1.

## **6 Métodos – Experimento 2: Assimetrias na distribuição de peso, ativações musculares e gasto energético na postura ereta em adultos jovens e idosos**

A partir do experimento 1, observou-se que, mesmo na postura ereta quieta, houve certa assimetria na distribuição de peso corporal entre membros inferiores na população jovem. Já na postura relaxada os sujeitos apresentaram um modo muito particular de transferência de peso entre membros. A maior parte do tempo eles permaneceram em pequena assimetria postural, seguido de um tempo menor em postura significativamente assimétrica. Adicionalmente, verificou-se que as assimetrias variaram entre gênero, mulheres foram significativamente mais assimétricas que homens na postura relaxada. Diante disso, é possível supor que por se tratar de uma tarefa onde mínima restrição postural é imposta, uma grande variabilidade nas faixas e nos tempos de permanência em posturas assimétricas poderá ser encontrada na população em geral.

A transferência de peso corporal entre membros inferiores é uma estratégia muito utilizada em atividades que envolvem a longa permanência na postura em pé, com objetivo de minimizar a sobrecarga mecânica imposta pela tarefa. No entanto, verifica-se um comportamento diferente na população idosa.

De acordo com a literatura, idosos produzem poucas mudanças posturais e de menores amplitudes na postura relaxada (FREITAS et al., 2005; PRADO; DINATO; DUARTE, 2011). Talvez esse comportamento seja resultado da adoção de diferentes estratégias empregadas pelo idoso para controlar o equilíbrio durante movimentos de transferência de peso, como por exemplo, maior atividade muscular ou coativações musculares. Entretanto, essas estratégias podem refletir no incremento do gasto energético dos idosos, podendo induzi-los a fadiga e predispor ao aumento no risco de quedas.

O gasto energético de idosos durante a postura ereta ainda não é muito bem conhecido, bem como a relação entre gasto energético padrão de atividade muscular e assimetrias posturais em jovens e idosos. Desse modo, o objetivo do presente experimento foi, de modo geral, manipular as assimetrias posturais para avaliar as respostas quanto ao nível de ativação muscular e o gasto energético em

jovens e idosos. Até o momento não eram conhecidos os padrões de atividade muscular em resposta às assimetrias posturais, principalmente em indivíduos idosos.

Nesse segundo experimento esperávamos verificar em quais posturas, simétrica ou assimétrica, haveria uma maior atividade muscular e gasto energético, pretendíamos elucidar se jovens e idosos apresentariam padrões de ativações musculares similares em situações de simetria e assimetria posturais. Finalmente, avaliaríamos se o gasto energético para a manutenção das posturas diferiria entre jovens e idosos.

## **6.1 Seleção da amostra**

Neste estudo participaram 34 sujeitos recrutados voluntariamente divididos em dois grupos, de acordo com as faixas etárias. Dezoito adultos idosos com idade acima de 60 anos (grupo IDOSOS; idade média  $70\pm 7$  anos; massa  $69\pm 11$  kg; estatura  $165\pm 10$  cm; índice de massa corporal, IMC,  $25\pm 2$  kg/m<sup>2</sup>) e dezesseis adultos jovens saudáveis (grupo JOVENS; idade média  $23\pm 3$  anos; massa  $70\pm 13$  kg; estatura  $173\pm 10$  cm; índice de massa corporal, IMC,  $25\pm 2$  kg/m<sup>2</sup>), conforme apresentado na tabela 2. Os participantes responderam a um questionário de avaliação geral (ANEXO I) e outro relacionado ao nível de atividade física habitual para jovens (questionário internacional de atividade física - IPAQ; ANEXOS II) e adaptado para idosos (ANEXO III) (BENEDETTI; MAZO; BARROS, 2004; MAZO; BENEDETTI, 2010). Foram adotados os mesmos critérios de inclusão apresentados no experimento anterior, e os idosos que apresentaram pelo menos uma queda no período de um ano anterior à avaliação não fizeram parte do estudo.

Todos os voluntários assinaram o TCLE para participação da pesquisa (ANEXO IV). Os procedimentos realizados durante o experimento não foram invasivos, envolveu um risco mínimo a saúde dos participantes e os voluntários foram informados que poderiam desistir de participar da pesquisa a qualquer momento.

## 6.2 Instrumentos

O experimento foi conduzido no Laboratório de Biomecânica do Instituto Vita. Para tanto, utilizou-se uma plataforma de força (modelo OR6W-2000, marca Advanced Mechanical Technology Inc., AMTI) medindo 50,8 X 46,4 cm, para registrar as forças de reação do solo sobre a perna direita e um suporte confeccionado em madeira (50,8 x 46,4 x 8,3 cm), posicionado ao lado da plataforma de força na qual o participante posicionou o pé esquerdo, enquanto executava as tarefas. A partir dos registros das forças de reação do solo, a principal grandeza física obtida foi a força vertical ( $F_z$ ).

Do mesmo modo que o experimento 1, a aquisição dos dados de FRS foi realizada por um programa de aquisição e análise de movimento (*Vicon Workstation*) com uma frequência de amostragem de 120 Hz. Os registros de forças e momentos foram amplificados com o mesmo ganho (40 mil vezes), filtrados por um filtro analógico do tipo *Butterworth*, com frequência de corte de 100 Hz (ver experimento 1 para maiores detalhes).

Para o registro dos dados eletromiográficos (EMG) foi utilizado um eletromiógrafo *Delsys* de 8 canais (modelo *Prize 2012*), composto por sensores sem fio, ativos (*Trigno<sup>TM</sup>*), com um ganho total de 1000 vezes e uma largura de banda do sinal de 20-450 Hz.

Os sensores de superfície (37mm x 26mm x 15mm) foram posicionadas perpendicularmente em relação a orientação da fibra muscular para captação do sinal EMG e afixados por meio de uma fita adesiva dupla face (*Delsys Adhesive Sensor Interface*). Sobre os eletrodos foram utilizadas bandagens elásticas (marca *Tensor*), que envolveram as regiões da coxa e perna, a fim de garantir uma melhor fixação do equipamento.

Antes de fixar os eletrodos nos locais desejados, preparou-se a pele para facilitar a aquisição do sinal eletromiográfico da seguinte forma: tricotomia do local com aparelho de barbear descartável, em seguida fez-se uso de lixa fina para abrasão da pele, e por fim limpeza da região com uso de água e algodão.

Os eletrodos foram posicionados nos ventres musculares dos seguintes músculos: vasto lateral direito (VLD), tibial anterior direito (TAD), bíceps femoral direito (BFD) e gastrocnêmio cabeça medial direito (GMD); vasto lateral esquerdo

(VLE), tibial anterior esquerdo (TAE), bíceps femoral esquerdo (BFE) e gastrocnêmio cabeça medial esquerdo (GME).

Em seguida, todos os sensores foram sincronizados/pareados e os sinais eletromiográficos adquirido pelo *software Delsys EMGworks 4.0 Acquisition*, com uma frequência de amostragem de 2000 Hz.

Em adição, as variáveis fisiológicas foram avaliadas nas diferentes tarefas por meio de um analisador de gases (Metalyzer 3B, Cortex Biophysik GmbH – Leipzig, Germany) e por um cardiofrequencímetro (*Polar*). O equipamento foi calibrado antes de cada teste usando cilindro de gases padrão ( $\text{CO}_2$  5,0 cmol/mol  $\text{O}_2$  16,0 cmol/mol  $\text{N}_2$  balanço) e seringa de 3 litros. O sujeito permaneceu em diferentes condições experimentais enquanto a medição de gases foi registrada a cada respiração e adquiridas pelos *softwares* Metasoft 3.9.3 e ErgoPC-Elite3.3.6.2.

### **6.3 Procedimentos e tarefas**

Os participantes foram instruídos por telefone a não comerem pelo menos 2 horas antes do experimento, a não tomarem café ou refrigerantes que contivessem cafeína em sua composição a partir da noite anterior e a não realizarem atividade física 24 horas antes da avaliação.

Após responderem aos questionários e assinar o TCLE, os sujeitos permaneceram sentados para a preparação da pele e posterior colocação dos eletrodos sobre os músculos investigados. Para garantir o correto posicionamento dos eletrodos, seguiu-se as recomendações de BARBERO; MERLETTI; RAINOLDI (2012). Adicionalmente solicitou-se ao indivíduo que realizasse a contração do respectivo músculo. Ao mesmo tempo, o avaliador observou na tela do computador o comportamento do sinal eletromiográfico. Os eletrodos foram fixados com fita dupla face na região onde melhor se observou o sinal EMG e, em seguida, envolvidos com faixa elástica.

Antes de iniciar as tarefas na postura em pé, os participantes permaneceram sentados em uma cadeira de modo confortável, com apoio em região dorsal e braços. Eles receberam instruções para manterem as pernas o mais relaxadas

possível e não realizar qualquer movimento enquanto o sinal EMG fosse adquirido em condição de repouso (10 segundos).

Em seguida, posicionou-se uma cinta ao redor do tórax dos sujeitos com um sensor para registro da frequência cardíaca. Uma máscara de silicone foi ajustada no rosto dos participantes por meio de um capuz de nylon, para o registro de gases. Os indivíduos foram, então, instruídos a permanecerem deitados numa maca de modo confortável por 15 minutos, enquanto registrou-se os gases inspirados, expirados e a frequência cardíaca (FC) de repouso (condição denominada REPOUSO).

Imediatamente após a coleta de gases e medida da FC em repouso, os participantes posicionaram-se na postura ereta com um dos pés sobre a plataforma de força e o outro sobre o suporte em madeira. Todos os participantes foram orientados a assistir a um programa de televisão enquanto realizavam diferentes tarefas posturais. Assim como no experimentos 1, nas tarefas QUIETA e RELAXADA, as instruções dadas ao participante foram as mesmas, porém cada condição teve uma duração de 5 minutos e foi realizada apenas uma única vez. Ainda, três novas condições foram acrescentadas neste ensaio.

Na condição denominada DIREITA, os participantes foram instruídos a permanecerem em apoio bipedal por 5 minutos e a transferir totalmente o peso corporal para a perna direita enquanto durasse a tarefa. Já para a condição ESQUERDA, os sujeitos deveriam transferir totalmente o peso corporal sobre a perna esquerda, por um intervalo também de 5 minutos.

De acordo com os resultados do ensaio anterior (ver resultados experimento 1) e do estudo de PRADO; DINATO; DUARTE (2011), na postura RELAXADA, grande parte do tempo os indivíduos optam por permanecer em faixas de pequena assimetria postural, com uma variação na transferência de peso corporal muito pequena, numa faixa entre 0 e 10% de  $|ADP|m$ .

Na tentativa de reproduzir esse comportamento, adicionou-se ao experimento 2 a condição chamada SIMÉTRICA, na qual o sujeito deveria distribuir igualmente peso corporal entre os membros inferiores. Para se ter um melhor controle em relação à simetria postural, foram disponibilizados ao avaliador (em tempo real na tela do computador) os valores de transferência de peso entre membros para cada participante. Assim, o avaliador foi capaz de informar aos participantes o modo como

eles deveriam permanecer durante a condição experimental. A ordem de apresentação das tarefas foi aleatória.

Após o experimento, os participantes reportaram a percepção de esforço envolvida nas tarefas por meio da aplicação escala de Borg e possível presença de dor, quantificada pela escala visual analógica de dor (EVA).

Ao término das tarefas, os participantes foram acomodados de modo confortável para produzirem, por 5 segundos, a contração voluntária máxima isométrica (CVMI) de cada músculo contra uma resistência manual exercida pelo avaliador. Para tanto, eles foram instruídos a produzirem o máximo de força muscular possível. Para o músculo tibial anterior, os participantes permaneceram sentados, com a articulação do tornozelo em posição neutra (90°), em seguida eles realizaram a força máxima para dorsiflexão. Tanto para o músculo vasto lateral, quanto bíceps femoral, o joelho foi mantido a uma flexão de 90° enquanto os voluntários produziam a extensão ou flexão do joelho, respectivamente. Para o músculo gastrocnêmio medial, os sujeitos ficaram em pé e realizaram o apoio unipedal, de modo que o músculo testado foi àquele referente à perna de apoio.

## **6.4 Análise de dados**

A partir dos dados brutos da plataforma de força, do eletromiógrafo e das medidas de gases, todas as análises foram conduzidas por rotinas escritas em ambiente de programação *Matlab* (*Matlab* 13.0, *Mathworks*). Os primeiros 60 segundos adquiridos em todas as condições experimentais foram descartados após o processo de filtragem do sinal.

### **6.4.1 Força vertical (Fz)**

Os dados adquiridos pela plataforma de força foram filtrados com um filtro de quarta ordem, do tipo passa-baixa *Butterworth*, com uma frequência de corte de 10

Hz. Nesse experimento, a força vertical produzida pela perna esquerda ( $FzE$ ) foi calculada conforme a equação 2, e usada na equação 1 para determinar a assimetria na distribuição de peso ao longo do tempo ( $ADP(t)$ ; ver experimento 1).

$$FzE(t) = \text{peso corporal total} - FzD \quad (\text{eq. 2})$$

Conforme apresentado no experimento 1, para avaliar as assimetrias posturais durante as condições experimentais, foram calculadas as assimetria na distribuição de peso ao longo do tempo,  $ADP(t)$ , seu valor médio absoluto ( $|ADP|m$ ) e o valor médio considerando seu sinal ( $ADPm$ ).

Ainda, o histograma que representa a frequência de permanência de cada grupo nas diferentes faixas de assimetria na distribuição de peso durante o período de duração da tarefa (ver experimento 1 para maiores detalhes), foi confeccionado para a análise do presente experimento. Cada gráfico possui escala arbitrária no eixo vertical, mas todos os gráficos possuem área sob a curva igual a 1.

#### 6.4.2 Sinal eletromiográfico (EMG)

Os sinais eletromiográficos foram filtrados com um filtro do tipo passa banda, de quarta ordem, do tipo *Butterworth*, com uma frequência de corte 20 – 400Hz. Em seguida o sinal foi retificado e aplicou-se envoltório linear de 5Hz. Posteriormente, o sinal eletromiográfico de cada músculo foi normalizado pela respectiva CVMI, em seguida tanto os dados da plataforma quanto do sinal EMG foram reamostrados (50Hz) para que tivessem mesma frequência.

As atividades musculares dos músculos VLD, VLE, BFD, BFE, GMD, GME, TAD e TAE foram normalizadas pelas respectivas CVMI e o valor médio da eletromiografia em repouso foi subtraído. Determinou-se a magnitude da atividade muscular a partir do cálculo da raiz quadrática média (RMS) do envoltório linear do sinal EMG para cada músculo em cada condição experimental.

Para quantificar se houve co-contração muscular entre os pares de músculos agonista-antagonista de ambas as coxas (VL-BF) e pernas (TA-GM), foram

calculados os índices de co-contracção (*ICo*) das coxas direita (*Coxa Direita*) e esquerda (*Coxa Esquerda*) bem como das pernas direita (*Perna Direita*) e esquerda (*Perna Esquerda*) conforme as equações 3, 4, 5 e 6, respectivamente:

$$ICo \text{ Coxa Direita}(t) = \frac{\min(EMG_{VLD}, EMG_{BFD})}{\max(EMG_{VLD}, EMG_{BFD})} \quad (\text{eq.3})$$

$$ICo \text{ Coxa Esquerda}(t) = \frac{\min(EMG_{VLE}, EMG_{BFE})}{\max(EMG_{VLE}, EMG_{BFE})} \quad (\text{eq.4})$$

$$ICo \text{ Perna Direita}(t) = \frac{\min(EMG_{TAD}, EMG_{GMD})}{\max(EMG_{TAD}, EMG_{GMD})} \quad (\text{eq.5})$$

$$ICo \text{ Perna Esquerda}(t) = \frac{\min(EMG_{TAE}, EMG_{GME})}{\max(EMG_{TAE}, EMG_{GME})} \quad (\text{eq.6})$$

através das quais é calculada a razão entre a mínima e a máxima ativação muscular do par antagonista e agonista a cada instante. Para os cálculos do *ICo*, estabeleceu-se um limiar mínimo de ativação muscular correspondente a 10% da CVMI. Os valores médios dos *ICos* (em percentagem) durante a tarefa foram calculados para cada condição experimental.

A “*Demanda Muscular*” para cada um dos membros inferiores (membro inferior direito; *MID* e esquerdo; *MIE*) foi estimada a partir da atividade muscular obtida pelo registro eletromiográfico (PRAAGMAN et al., 2006). Para tanto, considerou-se a soma das atividades musculares médias (representada pela RMS) de cada um dos *N* músculos do membro inferior considerado, multiplicada por sua respectiva área de secção transversal (*A<sub>i</sub>*) e dividida pela soma das áreas de secções transversais de todos os músculos do membro inferior analisados, conforme mostram as equações 7 e 8, respectivamente:

$$Demanda \text{ MID} = \sum_i^N \frac{RMS_i \times A_i}{A_{total}} \quad (\text{eq.7})$$

$$Demanda \text{ MIE} = \sum_i^N \frac{RMS_i \times A_i}{A_{total}} \quad (\text{eq.8})$$

A área de secção transversa (em cm<sup>2</sup>) de cada músculo, usada para o cálculo

da demanda muscular em jovens e idosos foi obtida a partir de estudos de WARD et al., (2009) e ARNOLD et al., (2010). A “*Demanda Muscular Total*” foi obtida a partir da soma entre a “*Demanda MID*” e “*Demanda MIE*”.

### 6.4.3 Medidas biológicas

O gasto energético total para cada tarefa foi amostrado por meio dos registros de gases a cada respiração, de maneira absoluta e desprezado o primeiro minuto de cada condição experimental. Já para a condição REPOUSO (com quinze minutos de duração), foram removidos os onze minutos iniciais e considerados os quatro minutos restantes.

Para cada condição experimental calculou-se o valor médio das seguintes variáveis: consumo de oxigênio relativo, normalizado pelo peso corporal ( $VO_2_{rel}$  mL/min/kg), a frequência cardíaca ( $FC$  em batimentos por minuto; bpm) e o quociente respiratório ( $R$ ) que representa a razão entre o volume de  $CO_2$  produzido e o volume de oxigênio consumido ( $VCO_2/VO_2$ ).

Para determinar o gasto energético (GE) envolvido em cada condição experimental utilizou-se o  $VO_2$  absoluto (ml/min) convertido para segundos, calculou-se a integral e então a variável foi convertida para quilocalorias (kcal) (adaptado de ARTIOLI et al., 2012).

## 6.5 Análise estatística

A análise estatística descritiva das variáveis massa, estatura, IMC, idade e resultado da escala de *Borg* envolveu medidas de tendência central e variabilidade para os grupos adulto e idoso. Testou-se a normalidade e homogeneidade das variâncias por meio dos testes *Kolmogorov-Smirnov* e *Levene*, respectivamente. Para verificar diferenças entre grupos utilizou-se o teste *t* para medidas independentes.

Assim como no experimento 1, para determinar a presença de assimetria ou preferência de lado durante as tarefas posturais, comparou-se os valores médios de cada grupo para  $|ADP|m$  e  $ADPm$  contra “zero”, respectivamente por meio do teste  $t$  para medidas independente.

Empregou-se a análise de variância (ANOVA 2X5) para avaliar o efeito dos fatores idade (JOVENS e IDOSOS) e tarefa (5 níveis: DIREITA, ESQUERDA, SIMÉTRICA, RELAXADA e QUIETA), nas seguintes variáveis:  $ADPm$ , atividade muscular média individual de cada músculo (em % da CVMI), *Demanda MID* e *Demanda MIE*. Utilizou-se ANOVA (2X6), considerando o REPOUSO como uma condição experimental, na comparação entre grupos e condições experimentais para as variáveis:  $VO_{2\ rel}$ , FC (frequência cardíaca), R (quociente respiratório) e GE (gasto energético). Utilizou-se o teste *pos Hoc Sidak*. Nessas análises o fator tarefa foi considerado medida repetida.

O teste não paramétrico para amostras independentes *Mann-Whitney U* foi usado para comparar faixas etárias quanto ao nível de atividade física e resultado da escala de *Borg*. A comparação entre grupos quanto a frequência de ocorrência das coativações dos pares musculares das coxas direita (*ICo Coxa Direita*), esquerda (*ICo Coxa Esquerda*), pernas direita (*ICo Perna Direita*), esquerda (*ICo Perna Esquerda*), foi conduzida com uso do teste não paramétrico de *qui-quadrado* para associação.

Para verificar a relação entre as  $ADPm$  versus as atividades musculares em todas as condições experimentais e a relação entre “*Demanda Muscular Total*” e gasto energético ( $VO_2$ ), para os grupos JOVENS e IDOSOS, utilizou-se o teste de correlação de *Pearson*. Verificou-se a correlação entre nível de atividade física e  $|ADP|m$  de ambos os grupos por meio do teste de correlação de *Spearman*.

Todos os testes estatísticos foram conduzidos no programa SPSS (versão 17.0) e adotado um nível de significância de 5%.

## 7 Resultados – Experimento 2

O experimento contou com a participação de 16 adultos jovens e 18 idosos saudáveis e todos os sujeitos foram capazes de executar as tarefas. Dois jovens foram excluídos da análise por problemas durante a aquisição dos dados, e outros dois por reportarem, após o teste, dor em região plantar e joelho (EVA 2 e 5, respectivamente), o que fez um total de 12 sujeitos nesse grupo. Do mesmo modo, dois idosos foram excluídos por apresentarem dor quadril e em joelho (EVA 5 e 3, respectivamente), restando 16 participantes. Os demais sujeitos não relataram dor, e portanto, não considerou-se o resultado da EVA. Do total de participantes, apenas sete idosos e sete jovens foram submetidos ao registro de gases.

Dos 16 participantes idosos oito eram mulheres e oito homens. O grupo JOVENS constou de seis homens e sete mulheres. As comparações quanto ao gênero não foram estabelecidas para o presente experimento devido ao número reduzido de homens e mulheres compreendidos na mesma faixa etária.

Na tabela 2 são apresentados valores de médias e desvios padrões das variáveis descritivas e escala de esforço de *Borg*, para os grupos JOVENS e IDOSOS. O teste t revelou haver diferenças entre grupos apenas para a idade ( $t(26)=20,8$ ,  $p<0,001$ ) e estatura ( $t(26)=2,2$ ,  $p=0,03$ ), jovens eram mais altos que idosos.

TABELA 2 – Médias, desvios padrões ( $\pm$  DP), (valores máximos e mínimos) da idade, estatura, massa, índice de massa corporal (IMC) e resultados das escalas de percepção de esforço (*Borg*), para os grupos JOVENS (N=12) e IDOSOS (N=16).

<b>AMOSTRA</b>	<b>Idade</b> <b>(anos)</b>	<b>Estatura</b> <b>(m)</b>	<b>Massa</b> <b>(Kg)</b>	<b>IMC</b> <b>(kg/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Borg</b>
<b>JOVENS (N=12)</b>	23 $\pm$ 3,5 (19-32)	1,73 $\pm$ 0,1 (1,65-1,95)	70 $\pm$ 13 (47-107)	23,4 $\pm$ 3,1 (19,3-29,2)	9 $\pm$ 1 (7-11)
<b>IDOSOS (N=16)</b>	70,3 $\pm$ 7,2 (60-82)	1,65 $\pm$ 0,1 (1,50-1,89)	69 $\pm$ 11 (53-93)	25,3 $\pm$ 2,6 (20,5-29,6)	10 $\pm$ 1 (9-12)

O teste *Mann-Whitney U* revelou não haver diferenças entre grupos quanto ao nível de atividade física - IPAQ ( $U(26)=73$ ,  $Z=-1,25$ ,  $p=0,3$ ); tanto jovens quanto idosos foram considerados moderadamente ativos. Em relação aos resultados da escala de percepção de esforço (*Borg*) não houve diferenças entre grupos ( $U(26)=61,5$ ,  $Z=-1,68$ ,  $p=0,09$ ); tanto jovens quanto idosos consideraram as tarefas experimentais como fáceis em termos de esforço.

Quanto à dominância, verificou-se que quatorze idosos e onze jovens apresentaram preferência pedal direita, e portanto não analisou-se a correlação entre dominância e *ADPm*.

### 7.1 Assimetrias na distribuição de peso (ADP) entre membros inferiores

A partir das médias da distribuição de peso absoluta ( $|ADP|m$ ) e assimetria na distribuição de peso considerando seu sinal (*ADPm*) para ambos os grupos, observou-se que tanto jovens quanto idosos são significativamente assimétricos nas posturas RELAXADA ( $t(12)=3,2$ ,  $p=0,007$  e  $t(15)=5,3$ ,  $p<0,001$ , respectivamente), SIMÉTRICA ( $t(12)=5,6$ ,  $p<0,001$  e  $t(15)=5,8$ ,  $p<0,001$ , respectivamente) e QUIETA ( $t(12)=7,0$ ,  $p<0,001$  e  $t(15)=6,9$ ,  $p<0,001$ , respectivamente). Na tabela 3 são apresentados valores de médias, desvios padrões (DP) e comparações estatísticas quanto à existência de assimetrias posturais e preferência de lado.

Quanto à preferência de lado, observou-se que tanto jovens quanto idosos transferiram o peso para o lado esquerdo do corpo nas posturas SIMÉTRICA ( $t(12)=5,0$ ,  $p<0,001$  e  $t(15)=-3,2$ ,  $p=0,005$ , respectivamente) e QUIETA ( $t(12)=5,3$ ,  $p<0,001$  e  $t(15)=-4,0$ ,  $p=0,001$ , respectivamente). Em adição, verificou-se interação entre grupo e tarefa para os valores médios de *ADPm* e o teste *pos Hoc* revelou que idosos apresentaram diferenças significativas nas assimetrias posturais entre as condições QUIETA e SIMÉTRICA ( $F(1,27)=3,16$ ,  $p=0,03$ ). Já na postura RELAXADA não se observou preferência de lado para jovens ou idosos e não houve diferença estatisticamente significativa entre grupos para as variáveis *ADPm* e  $|ADP|m$ .

Considerando a natureza das tarefas DIREITA e ESQUERDA, assimetrias e preferência de lado são esperadas para ambos os grupos. A análise de variância

revelou diferença entre grupos para as tarefas DIREITA e ESQUERDA. Apesar dos indivíduos serem instruídos a manterem o peso corporal quase que totalmente em uma das pernas, jovens permanecem em maior assimetria postural (DIREITA:  $F(1,27)=4,3$ ,  $p=0,04$ ; ESQUERDA:  $F(1,27)=8,4$ ,  $p=0,007$  respectivamente). Idosos também foram assimétricos (tarefa DIREITA,  $|ADP|m = 46\pm 13\%$ ; tarefa ESQUERDA,  $|ADP|m = 62\pm 12\%$ ), porém não transferiram o peso para um dos lados tanto quanto jovens (tarefa DIREITA,  $|ADP|m = 57\pm 17\%$ ; tarefa ESQUERDA,  $|ADP|m = 74\pm 9\%$ ).

TABELA 3 - Médias e desvios padrões ( $\pm$ DP) entre os sujeitos para as variáveis assimetria na distribuição de peso absoluta ( $|ADP|_m$ ) e assimetria na distribuição de peso considerando seu sinal ( $ADP_m$ ), para jovens e idosos durante as posturas DIREITA, ESQUERDA, SIMÉTRICA, RELAXADA e QUIETA. Valores positivos da  $ADP_m$  indicam assimetrias em direção ao lado direito do corpo. Os resultados estatísticos para as comparações em relação a “zero” e entre gêneros também são apresentados.

Variáveis e comparações	Jovens (N=12)	Idosos(N=16)
<b>DIREITA</b>		
$ ADP _m$	0,57 $\pm$ 0,17	0,46 $\pm$ 0,13
$ ADP _m$ versus zero	t(11)=11,6, p<0,001	t(15)=13,6, p<0,001
$ADP_m$	0,57 $\pm$ 0,17	0,46 $\pm$ 0,13
$ADP_m$ versus zero	t(11)=11,6, p<0,001	t(15)=13,6, p<0,001
<b>ESQUERDA</b>		
$ ADP _m$	0,74 $\pm$ 0,09	0,62 $\pm$ 0,12
$ ADP _m$ versus zero	t(11)=28,1, p<0,001	t(15)=21,2, p<0,001
$ADP_m$	-0,74 $\pm$ 0,09	-0,62 $\pm$ 0,12
$ADP_m$ versus zero	t(11)=-28,1, p<0,001	t(15)=-21,2, p<0,001
<b>RELAXADA</b>		
$ ADP _m$	0,18 $\pm$ 0,20	0,14 $\pm$ 0,11
$ ADP _m$ versus zero	t(11)=3,2, p=0,007	t(15)=5,3, p<0,001
$ADP_m$	-0,10 $\pm$ 0,22	-0,03 $\pm$ 0,11
$ADP_m$ versus zero	t(11)=-1,62, p=0,12	t(15)=-1,0, p=0,33
<b>SIMETRICO</b>		
$ ADP _m$	0,07 $\pm$ 0,04	0,11 $\pm$ 0,10
$ ADP _m$ versus zero	t(11)=5,6, p<0,001	t(15)=5,8, p<0,001
$ADP_m$	-0,07 $\pm$ 0,05	-0,04 $\pm$ 0,14
$ADP_m$ versus zero	t(11)=5,0, p<0,001	t(15)=-3,2, p=0,005
<b>QUIETA</b>		
$ ADP _m$	0,10 $\pm$ 0,05	0,16 $\pm$ 0,09
$ ADP _m$ versus zero	t(11)=7,0, p<0,001	t(15)=6,9, p<0,001
$ADP_m$	- 0,10 $\pm$ 0,06	-0,13 $\pm$ 0,13
$ADP_m$ versus zero	t(11)=5,3, p<0,001	t(15)=-4,0, p=0,001

Os histogramas que representam a frequência de permanência nas diferentes faixas de ADP durante o período de duração da tarefa revelaram qualitativamente um padrão particular de distribuição de peso entre jovens e idosos, para todas as condições experimentais. Na postura RELAXADA, os histogramas médios dos sujeitos da série temporal das assimetrias na distribuição de peso também apresentaram, mais frequentemente, valores nas faixas de menores assimetrias (próximos de “zero”), seguido de um decréscimo nos valores de maiores assimetrias (ver figura 4).

Quanto aos jovens, o mesmo padrão observado no experimento 1 (ver seção resultados exp. 1) foi reproduzido no presente experimento: 54% do tempo (33% e 21% para os lados esquerdo e direito, respectivamente), a assimetria na distribuição de peso (*ADP*) esteve na faixa que compreende valores entre -0,1 e 0,1, seguida de 34% do tempo (27% para o lado esquerdo e 5% para o lado direito do corpo) com o *ADP* numa faixa com valores entre  $\pm 0,1$  e 0,5. Apenas 14% do tempo (11% para o lado esquerdo e 3% para o lado direito do corpo) a *ADP* esteve entre -0.5 e 1.

Idosos apresentaram um padrão relativamente similar a jovens na postura RELAXADA, porém com uma frequência muito pequena de permanência nas faixas de grandes assimetrias. Nessa tarefa, 54% do tempo (37% para o lado esquerdo e 17% para o lado direito do corpo) os idosos mantiveram a *ADP* entre -0,1 e 0,1 (curva verde), seguida de 42% do tempo (29% para o lado esquerdo e 13% para o lado direito do corpo) com o *ADP* em torno de  $\pm 0,2 - 0,3$  (curva amarela) e apenas 4% do tempo (1% para o lado esquerdo e 3% para o lado direito do corpo) a *ADP* esteve próximo de 0,6 a 0,7 (curva vermelha), indicando que 80-85% do peso esteve em uma perna enquanto os 15-20% restantes concentrou-se na perna oposta.

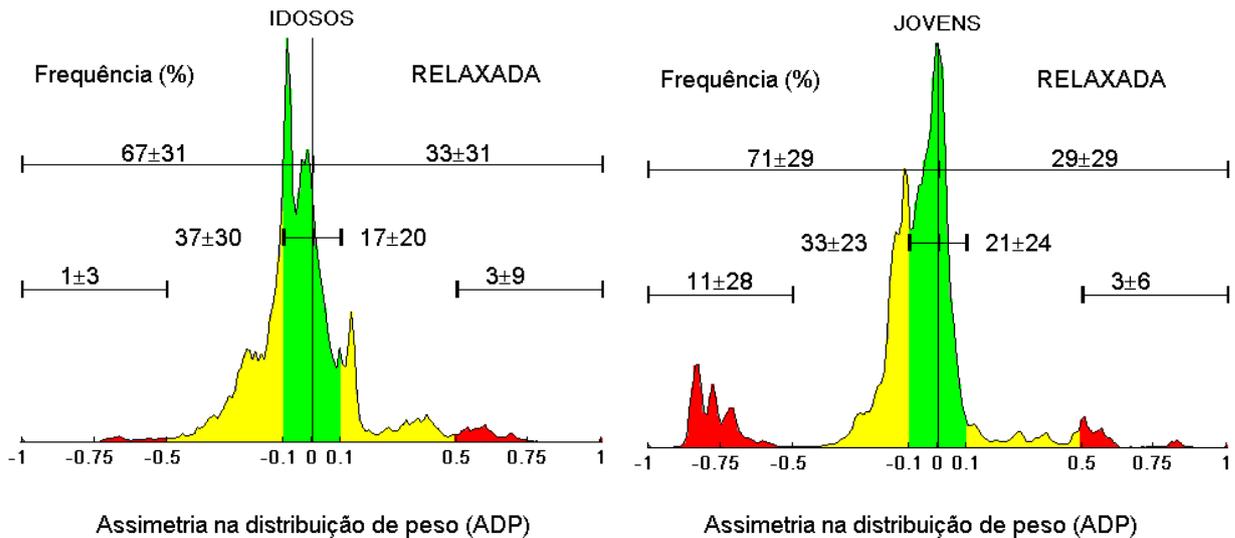


FIGURA 4 – Histograma que mostra a frequência de permanência nas diferentes faixas de assimetria na distribuição de peso (*ADP*) durante o período de duração da tarefa RELAXADA, para os grupos IDOSOS (esquerda) e JOVENS (direita). Os valores exibidos referem-se às médias ( $\pm$  desvio padrão) do grupo para o *ADP* nas faixas de assimetria pequena (área em verde; entre -0,1 e 0,1) e grande (área em vermelho; abaixo de -0,5 e acima de 0,5), considerando a preferência de lado. Cada gráfico possui escala arbitrária no eixo vertical, mas todos eles possuem área sob a curva igual a 1.

Durante as posturas SIMÉTRICA e QUIETA, os histogramas médios da série temporal das assimetrias na distribuição de peso (figuras 5 e 6, respectivamente), tanto para jovens quanto para idosos, apresentaram valores próximos de “zero”, indicando ausência de grandes assimetrias. Na postura QUIETA verificou-se o aparecimento de uma curva de maior largura para idosos (em amarelo), que compreende assimetrias entre 0,1 a 0,5 ou 0,1 a -0,5, o que mostra que eles permaneceram mais tempo nessa faixa de assimetria quem em relação aos jovens (idosos 60% do tempo e jovens 52%).

Quando idosos foram instruídos a distribuírem o peso igualmente entre membros inferiores (na postura SIMÉTRICA), eles foram menos assimétricos em comparação à postura QUIETA e adotam um comportamento muito similar a jovens. Ainda na postura SIMÉTRICA, idosos e jovens (66% e 74% do tempo total, respectivamente) permaneceram a maior parte do tempo nas faixas de pequenas assimetrias (curva verde), *ADP* entre -0,1 e 0,1.

Tanto para o grupo JOVENS quanto IDOSOS é possível observar a frequência de permanência em postura assimétrica preferencialmente para o lado esquerdo do corpo durante as tarefas RELAXADA, SIMÉTRICA e QUIETA.

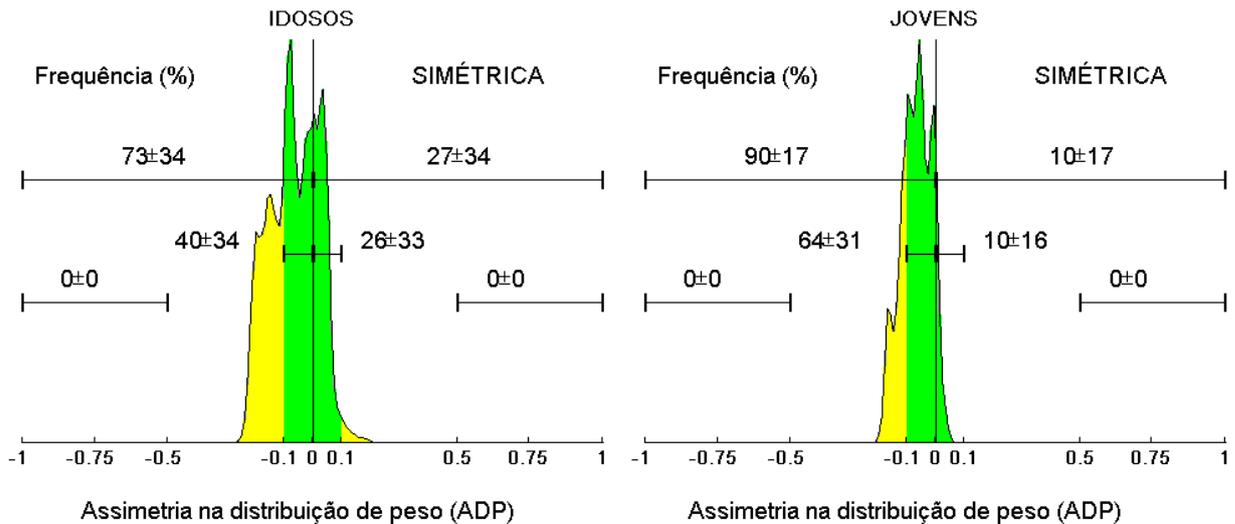


FIGURA 5 – Histograma que mostra a frequência de permanência nas diferentes faixas de assimetria na distribuição de peso (*ADP*) durante o período de duração da tarefa SIMÉTRICA, para os grupos IDOSOS (esquerda) e JOVENS (direita). Os valores exibidos referem-se às médias ( $\pm$  desvio padrão) do grupo para o *ADP* nas faixas de assimetria pequena (área em verde; entre -0,1 e 0,1) e grande (área em vermelho; abaixo de -0,5 e acima de 0,5), considerando a preferência de lado. Cada gráfico possui escala arbitrária no eixo vertical, mas todos eles possuem área sob a curva igual a 1.

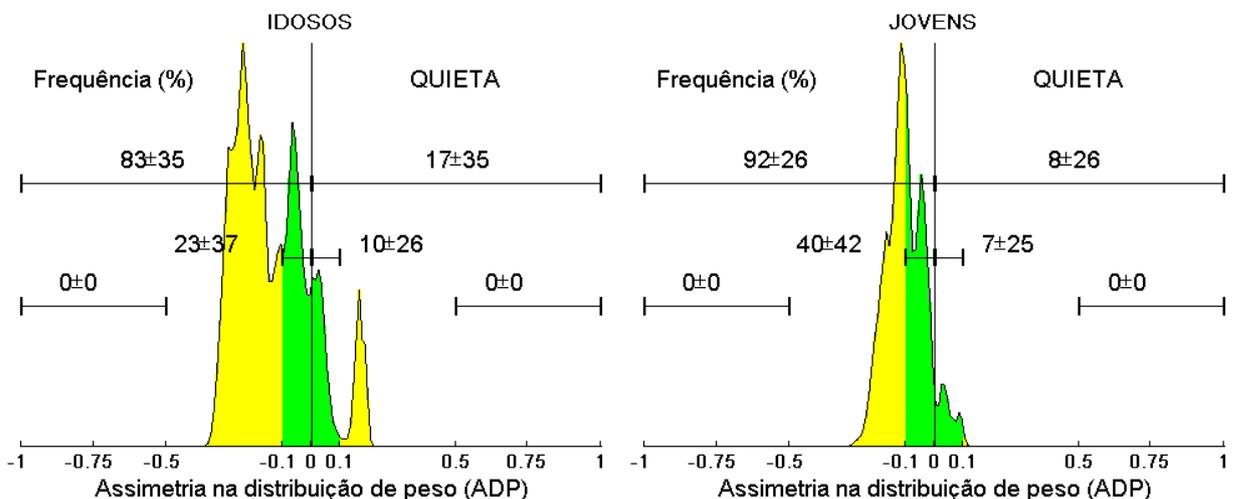


FIGURA 6 – Histograma que mostra a frequência de permanência nas diferentes faixas de assimetria na distribuição de peso (*ADP*) durante o período de duração da tarefa QUIETA, para os grupos IDOSOS (esquerda) e JOVENS (direita). Os valores exibidos referem-se às médias ( $\pm$  desvio padrão) do grupo para o *ADP* nas faixas de assimetria pequena (área em verde; entre -0,1 e 0,1) e grande (área em vermelho; abaixo de -0,5 e acima de 0,5), considerando a preferência de lado. Cada gráfico possui escala arbitrária no eixo vertical, mas todos eles possuem área sob a curva igual a 1.

A diferença observada entre grupos é evidente para as condições DIREITA e ESQUERDA (figuras 7 e 8, respectivamente). Em ambas as condições jovens passam mais de 70% do tempo com quase 90% do peso corporal transferido para perna direita (tarefa DIREITA) e 100% do tempo com a ADP próxima de 0,75 (tarefa ESQUERDA). Diferentemente dos jovens, idosos apresentam uma grande curva em amarelo seguida da curva vermelha (grandes assimetrias posturais) na tarefa DIREITA. A maior parte do tempo (64% do tempo total) eles optaram por permanecer numa faixa de menor assimetria postural (*ADP* em torno de 0,3, faixa de 0,1 a 0,5), 65% do peso corporal concentrou-se na perna direita e os 35% restantes do lado esquerdo enquanto que jovens ficaram apenas 27% do tempo nessa faixa de assimetria.

Na condição ESQUERDA, em contraste aos jovens, idosos voltaram a apresentar a curva amarela que compreende uma faixa intermediária de assimetria na distribuição de peso corporal, permanecendo 20% do tempo nessa condição.

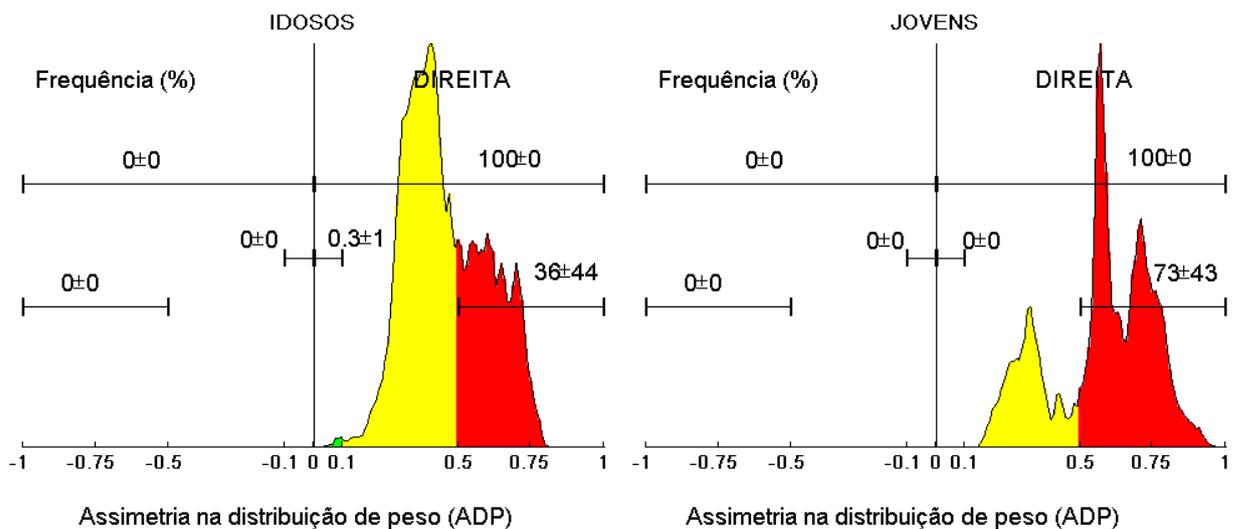


FIGURA 7 – Histograma que mostra a frequência de permanência nas diferentes faixas de assimetria na distribuição de peso (*ADP*) durante o período de duração da tarefa DIREITA, para os grupos IDOSOS (esquerda) e JOVENS (direita). Os valores exibidos referem-se às médias ( $\pm$  desvio padrão) do grupo para o *ADP* nas faixas de assimetria pequena (área em verde; entre -0,1 e 0,1) e grande (área em vermelho; abaixo de -0,5 e acima de 0,5), considerando a preferência de lado. Cada gráfico possui escala arbitrária no eixo vertical, mas todos eles possuem área sob a curva igual a 1.

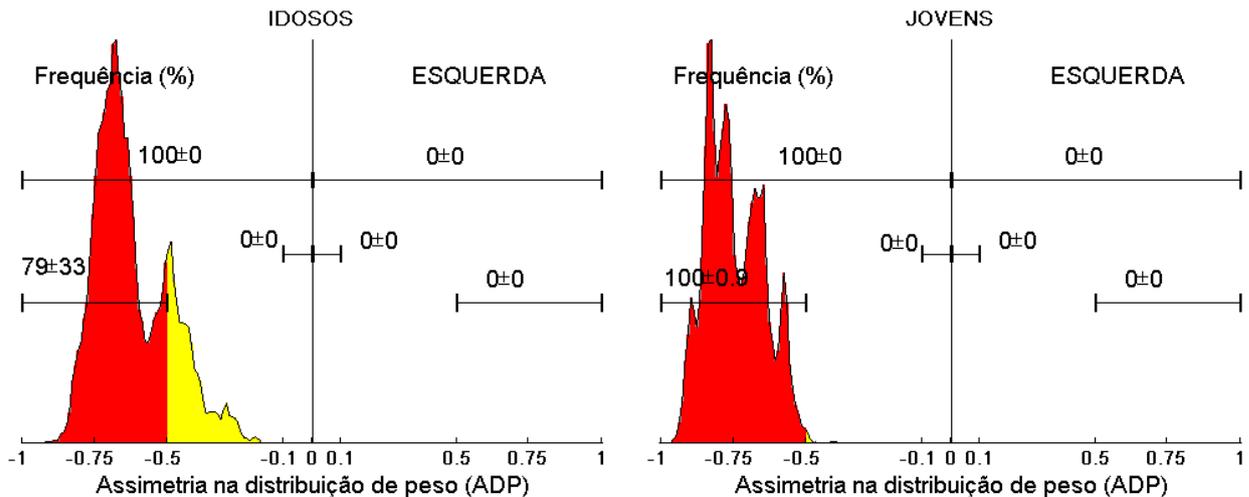


FIGURA 8 – Histograma que mostra a frequência de permanência nas diferentes faixas de assimetria na distribuição de peso (*ADP*) durante o período de duração da tarefa ESQUERDA para os grupos IDOSOS (esquerda) e JOVENS (direita). Os valores exibidos referem-se às médias ( $\pm$  desvio padrão) do grupo para o *ADP* nas faixas de assimetria pequena (área em verde; entre -0,1 e 0,1) e grande (área em vermelho; abaixo de -0,5 e acima de 0,5), considerando a preferência de lado. Cada gráfico possui escala arbitrária no eixo vertical, mas todos eles possuem área sob a curva igual a 1.

## 7.2 Ativações Musculares: Atividade muscular média

As figuras 9, 10, 11, 12 e 13 se tratam do comportamento de um indivíduo jovem e idoso típicos, nas tarefas relaxada, quieta, simétrica, direita e esquerda, respectivamente. Na figura 5 o indivíduo idoso apresentou o comportamento referido como modo simples de distribuição de peso (comportamento mais frequentemente encontrado em idosos), e exibiu uma atividade muscular média maior nos músculos da coxa (em torno de 15% da CVMI) em relação ao jovem. Além disso, nota-se que o músculo extensor do joelho esteve mais ativo que o músculo flexor. Quanto aos músculos da perna, o nível de ativação dos músculos gastrocnêmio medial direito e esquerdo se mantiveram em torno de 10% da CVMI.

Já a jovem apresentou o modo duplo de distribuição de peso, no qual se observa mais frequentemente valores de *ADP* próximos de “zero”. Ao permanecer nas diferentes assimetrias, a jovem apresentou uma pequena atividade nos

músculos da coxa (valor máximo em torno de 2% da CVMI). As maiores atividades musculares concentraram-se nos músculos gastrocnêmio direito e esquerdo, principalmente em posturas mais assimétricas.

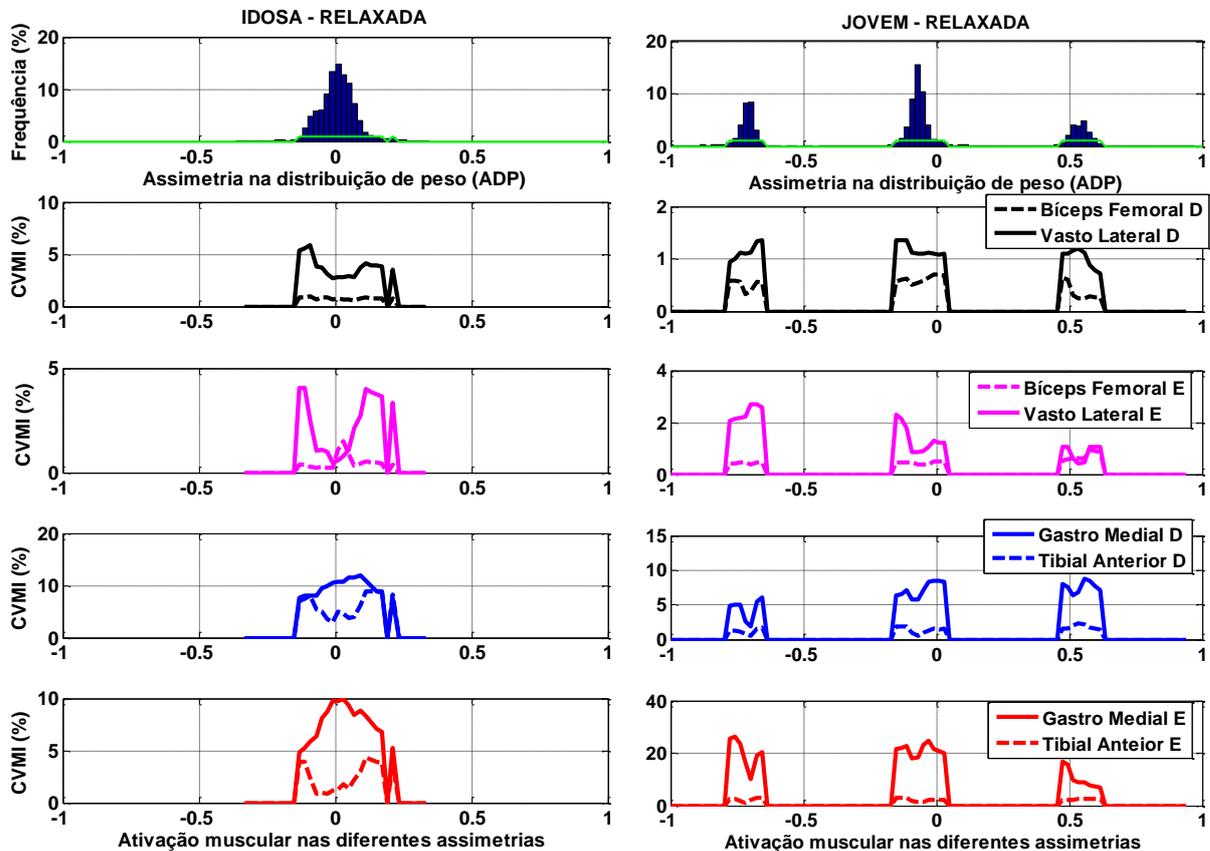


FIGURA 9 – Histograma (figura superior em azul) da frequência de ocorrência de assimetria de distribuição de peso (*ADP*) em %, nas diferentes faixas (preferência de lado direito: acima de 0; preferência esquerda: abaixo de 0). A linha em verde representa o limiar de detecção da frequência de permanência em uma determinada postura por no mínimo 10 segundos. Demais figuras representam as atividades musculares de um indivíduo idoso do gênero feminino (figuras a esquerda) e uma jovem (figuras a direita) na postura RELAXADA. Os valores são apresentados em % da CVMI para os músculos bíceps femoral (linha tracejada), vasto lateral (linha cheia), gastrocnêmio medial (linha cheia) e tibial anterior (linha tracejada), das pernas direita (D, em preto e azul) e esquerda (E, em rosa e vermelho).

A figura 10 mostra o comportamento dos mesmos participantes, dentro das faixas de assimetrias posturais durante a postura QUIETA. Percebe-se que nessa tarefa, ambos os sujeitos transferiram o peso para o lado esquerdo do corpo. Contudo, a idosa exibiu uma atividade muscular média maior do VLE (em torno de 20% da CVMI) em relação à jovem.

Ainda com relação à idosa, verificou-se que o músculo extensor do joelho (linha cheia) permaneceu mais ativo que o flexor (linha tracejada) e as atividades dos músculos gastrocnêmio medial (linha cheia) e tibial anterior (linha tracejada), de ambos os membros, apresentaram uma variação de 10 a 20% da CVMI.

Já a participante jovem apresentou uma atividade muscular média pequena nos músculos da coxa (menos que 1% da CVMI), enquanto os músculos gastrocnêmio exibiram uma atividade ligeiramente maior (entre 5 e 20% da CVMI). Pelo fato da jovem ter distribuído o peso mais sobre o lado esquerdo do corpo, parece que a atividade muscular da perna esquerda foi maior em relação à direita.

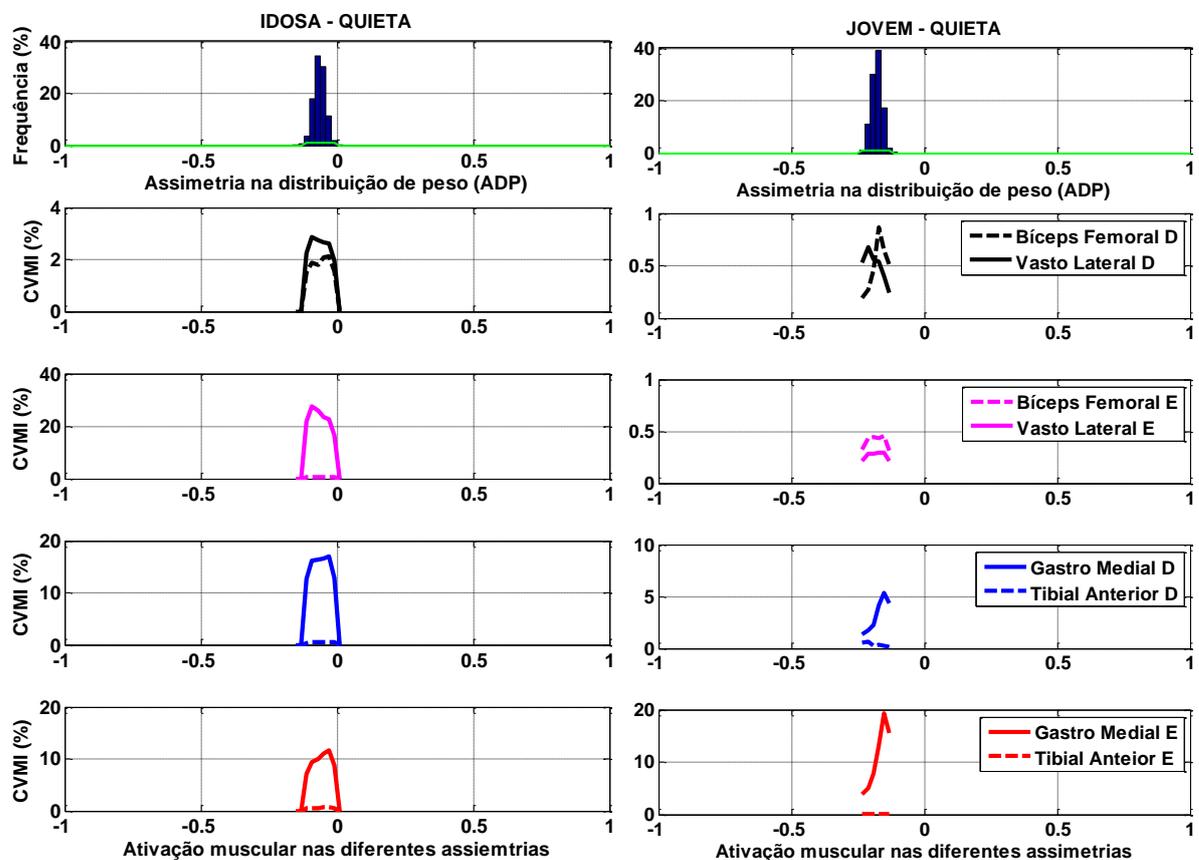


FIGURA 10 – Histograma (figura superior em azul) da frequência de ocorrência de assimetria de distribuição de peso (*ADP*) em %, nas diferentes faixas (preferência de lado direito: acima de 0; preferência esquerda: abaixo de 0). A linha em verde representa o limiar de detecção da frequência de permanência em uma determinada postura por no mínimo 10 segundos. Demais figuras representam as atividades musculares de um indivíduo idoso do gênero feminino (figuras a esquerda) e uma jovem (figuras a direita) na tarefa QUIETA. Os valores são apresentados em % da CVMI para os músculos bíceps femoral (linha tracejada), vasto lateral (linha cheia), gastrocnêmio medial (linha cheia) e tibial anterior (linha tracejada), das pernas direita (D, em preto e azul) e esquerda (E, em rosa e vermelho).

Na figura 11 verifica-se que a idosa foi capaz de executar a tarefa SIMÉTRICA de modo similar à jovem. Ambas permaneceram em faixas de assimetria e apresentaram padrões de ativações musculares parecidos, porém a magnitude da ativação foi diferente. A idosa produziu ativações de músculos da coxa ligeiramente maior (em média 5% da CVMI) que a jovem (até 1% da CVMI). Quanto à perna, as atividades dos músculos gastrocnêmio medial (linha cheia) e tibial anterior (linha tracejada) foram de aproximadamente 15% da CVMI para a idosa e em torno de 5% para a jovem.

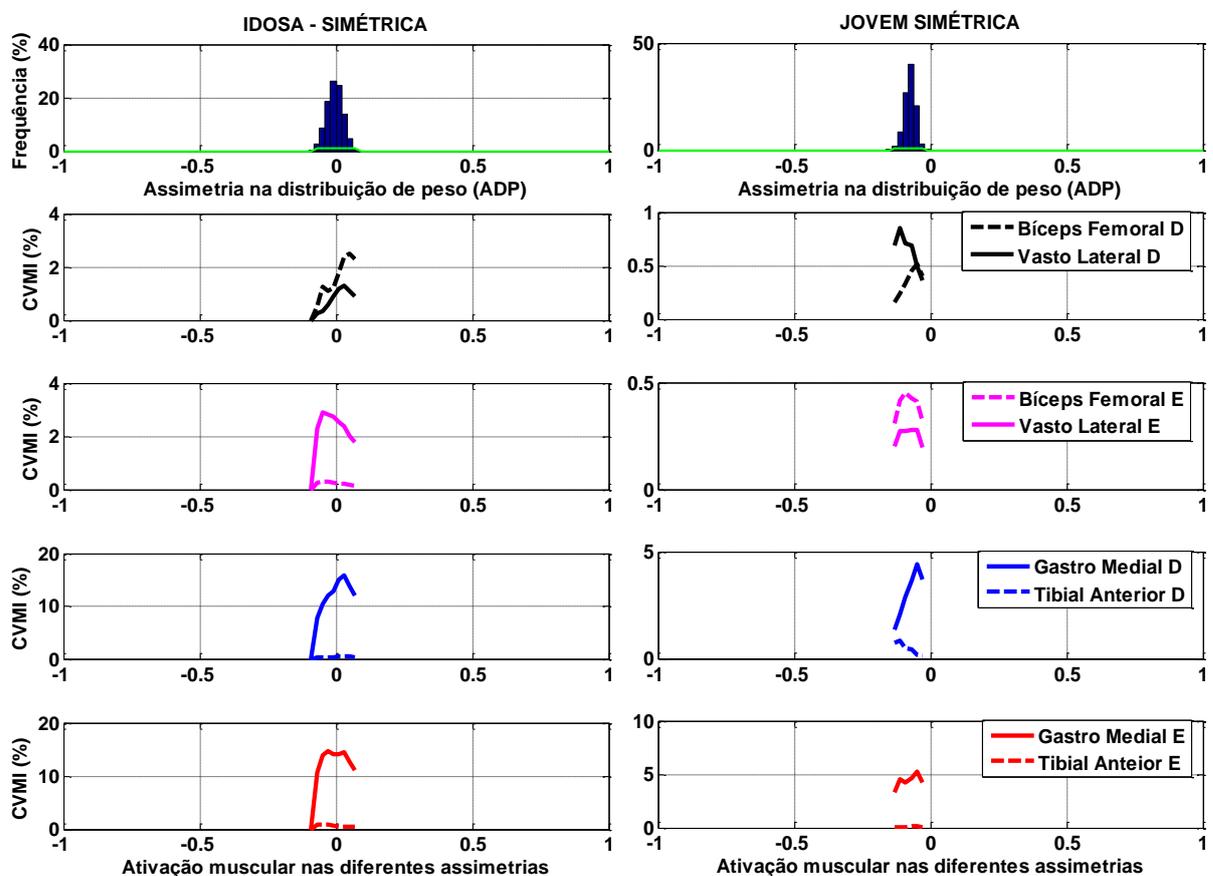


FIGURA 11 – Histograma (figura superior em azul) da frequência de ocorrência de assimetria de distribuição de peso (*ADP*) em %, nas diferentes faixas (preferência de lado direito: acima de 0; preferência esquerda: abaixo de 0). A linha em verde representa o limiar de detecção da frequência de permanência em uma determinada postura por no mínimo 10 segundos. Demais figuras representam as atividades musculares de um indivíduo idoso do gênero feminino (figuras a esquerda) e uma jovem (figuras a direita) na tarefa SIMÉTRICA. Os valores são apresentados em % da CVMI para os músculos bíceps femoral (linha tracejada), vasto lateral (linha cheia), gastrocnêmio medial (linha cheia) e tibial anterior (linha tracejada), das pernas direita (D, em preto e azul) e esquerda (E, em rosa e vermelho).

Nas figuras 12 e 13 é possível observar que a restrição imposta pelas tarefas DIREITA e ESQUERDA resultou em maiores ativações musculares dos músculos das perna direita esquerda, respectivamente. É possível observar que ao transferir o peso para o lado direito, maiores ativações musculares são produzidas na perna direita independente do fator idade. Do mesmo modo, na transferência de peso para a perna esquerda, há maior atividade dos músculos da respectiva perna. Complementa-se que, de modo geral, as atividades dos músculos gastrocnêmio direito e esquerdo foram maiores que os demais músculos. Novamente a atividade muscular de coxa foi mínima na jovem e ligeiramente maior na idosa.

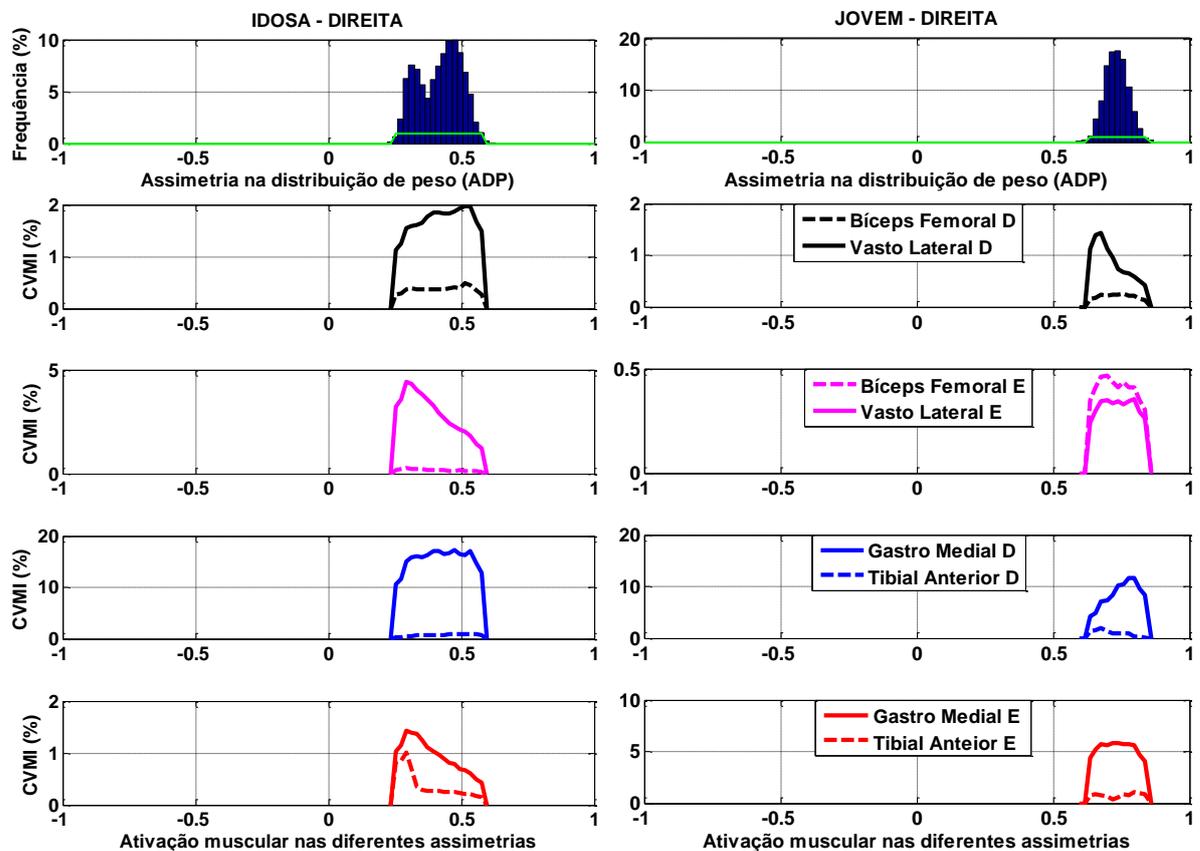


FIGURA 12 – Histograma (figura superior em azul) da frequência de ocorrência de assimetria de distribuição de peso (*ADP*) em %, nas diferentes faixas (preferência de lado direito: acima de 0; preferência esquerda: abaixo de 0). A linha em verde representa o limiar de detecção da frequência de permanência em uma determinada postura por no mínimo 10 segundos. Demais figuras representam as atividades musculares de um indivíduo idoso do gênero feminino (figuras a esquerda) e uma jovem (figuras a direita) na tarefa DIREITA. Os valores são apresentados em % da CVMI para os músculos bíceps femoral (linha tracejada), vasto lateral (linha cheia), gastrocnêmio medial (linha cheia) e tibial anterior (linha tracejada), das pernas direita (D, em preto e azul) e esquerda (E, em rosa e vermelho).

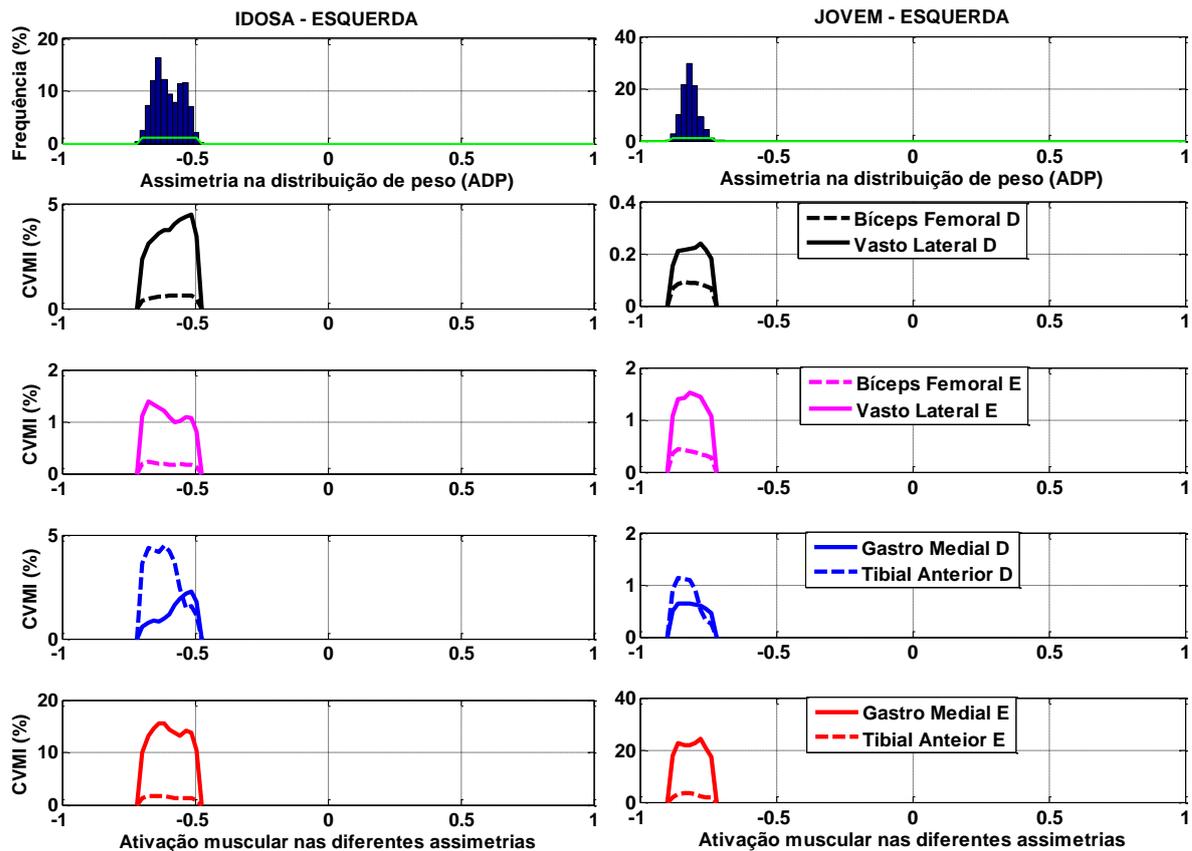


FIGURA 13 – Histograma (figura superior em azul) da frequência de ocorrência de assimetria de distribuição de peso (*ADP*) em %, nas diferentes faixas (preferência de lado direito: acima de 0; preferência esquerda: abaixo de 0). A linha em verde representa o limiar de detecção da frequência de permanência em uma determinada postura por no mínimo 10 segundos. Demais figuras representam as atividades musculares de um indivíduo idoso do gênero feminino (figuras a esquerda) e uma jovem (figuras a direita) na tarefa ESQUERDA. Os valores são apresentados em % da CVMI para os músculos bíceps femoral (linha tracejada), vasto lateral (linha cheia), gastrocnêmio medial (linha cheia) e tibial anterior (linha tracejada), das pernas direita (D, em preto e azul) e esquerda (E, em rosa e vermelho).

Na figura 14 são apresentados os valores das médias para os grupos e respectivos desvios padrões para os níveis médios de ativação dos músculos VLD, VLE, BFD, BFE, TAD, TAE, GMD e GME durante todas as tarefas. De modo geral observa-se que, comparados aos jovens, idosos apresentaram maiores ativações muscular em todas as condições experimentais.

Quanto à atividade muscular média dos músculos da coxa direita e esquerda, a análise de variância (ANOVA) revelou efeito principal para grupo, isto é, idosos ativaram mais o músculo BFE ( $F(1,27)=5,4$ ,  $p=0,02$ ) em relação aos jovens, em todas as condições experimentais.

Ainda foi possível observar interação entre fatores idade e tarefa para o músculo VLE ( $F(4,27)=2,6$ ,  $p=0,03$ ). O teste *pos Hoc* revelou que idosos apresentaram ativação muscular do VLE significativamente maior na tarefa ESQUERDA quando comparada às condições DIREITA ( $p=0,01$ ), SIMÉTRICA ( $p=0,008$ ) ou RELAXADA ( $p=0,007$ ). Para os demais músculos de ambas as coxas não houve efeitos principais dos fatores idade ou tarefa nem interações.

Em relação aos músculos das pernas foi possível observar interação fatores idade e tarefa para o músculo TAE ( $F(4,27)=3,1$ ,  $p=0,03$ ). Idosos apresentaram maior ativação muscular do TAE ao comparar a tarefa SIMÉTRICA em relação às tarefas RELAXADA ( $p=0,009$ ), DIREITA ( $p<0,001$ ) e ESQUERDA ( $p=0,007$ ).

Quanto ao músculo TAD o teste ANOVA detectou efeito principal para tarefas ( $F(4,27)=6,2$ ,  $p=0,001$ ). Observou-se maiores ativações do TAD em ambos os grupos durante a postura DIREITA em comparação com a tarefa SIMÉTRICA ( $p=0,02$ ) e também em comparação com a condição QUIETA ( $p=0,01$ ). Houve interação ( $F(4,27)=2,7$ ,  $p=0,04$ ) entre idade e tarefa e o teste *pos Hoc* revelou que idosos apresentaram ativações significativamente maiores do TAD ao permanecerem na postura RELAXADA em comparação com as tarefas SIMÉTRICA ( $p=0,01$ ) e QUIETA ( $p=0,01$ ).

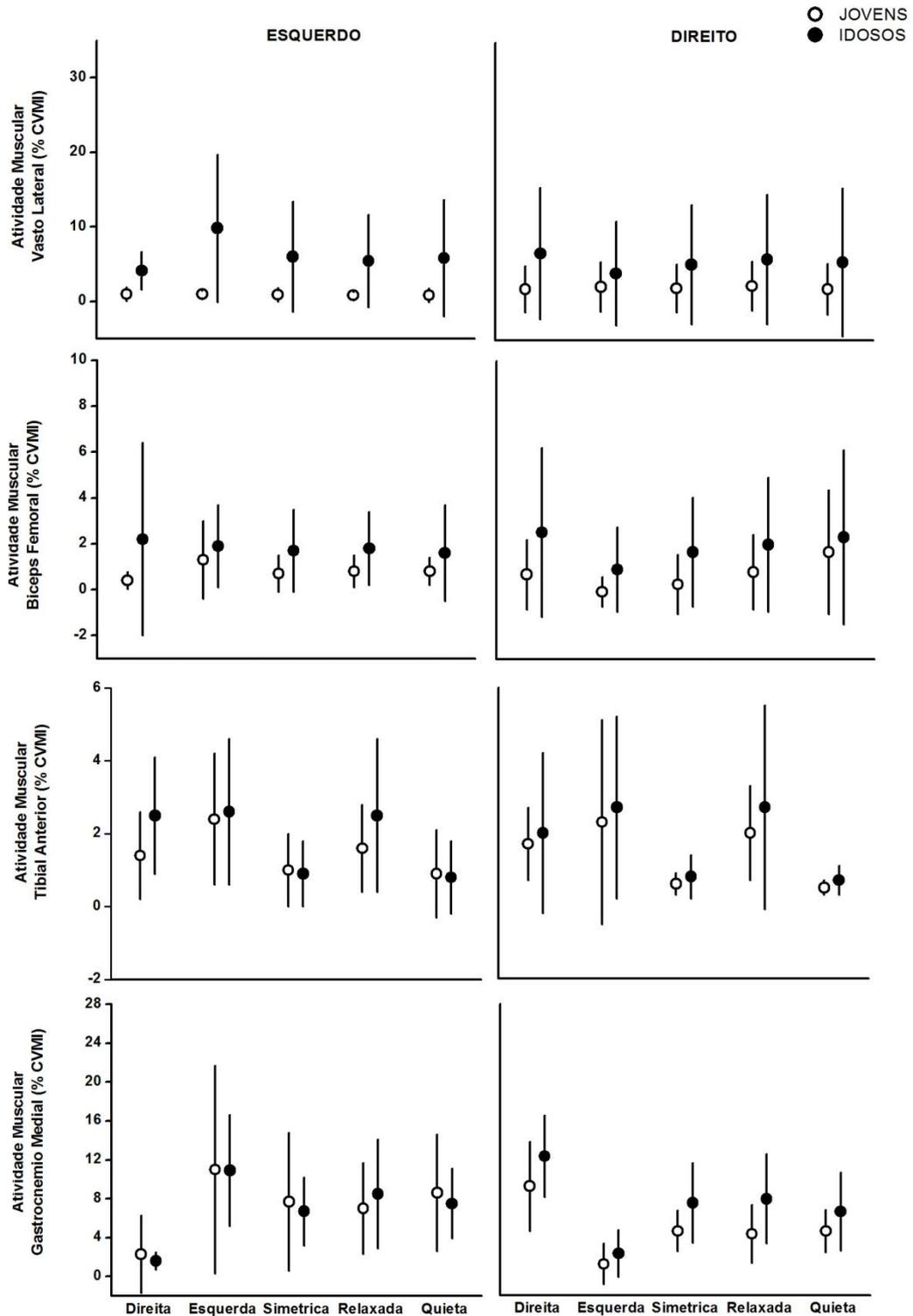


FIGURA 14 – Médias e desvios padrões (DP) das atividades musculares (em % da CVMI) para os músculos gastrocnêmio medial (figuras inferiores), tibial anterior, bíceps femoral e vasto lateral (figuras superiores) das pernas direita (à direita) e esquerda (à esquerda), de JOVENS e IDOSOS para todas as condições experimentais.

Para os músculos da região posterior da perna o teste ANOVA revelou efeito principal de tarefas para GME ( $F(4,27)=17,4$ ,  $p<0,001$ ) e GMD ( $F(4,27)=28,4$ ,  $p<0,001$ ). Jovens e idosos apresentaram maiores ativações do GME na tarefa ESQUERDA em relação à DIREITA ( $p<0,001$ ), à condição SIMÉTRICA ( $p=0,008$ ), à RELAXADA ( $p=0,001$ ) e à postura QUIETA ( $p=0,009$ ). Ainda, observou-se atividade muscular mínima do GME quando o indivíduo transferiu o peso corporal para a perna direita (postura DIREITA) em comparação com as demais condições experimentais (todos os valores de  $p<0,001$ ).

Verificou-se que jovens e idosos produziram maiores ativações do músculo GMD ao transferirem o peso para a perna direita (durante a postura DIREITA) em comparação à postura ESQUERDA ( $p<0,001$ ), à condição SIMÉTRICA ( $p<0,001$ ) e à QUIETA ( $p<0,02$ ).

### **7.3 Demanda Muscular: a partir da atividade muscular média**

De modo geral, foi possível observar que jovens e idosos apresentaram maiores demandas musculares nos membros inferiores direito (*Demanda MID*) e esquerdo (*Demanda MIE*) ao permanecerem em situações de maiores assimetrias posturais. Na figura 15 são apresentados os valores médios e desvios padrões das demandas musculares dos membros inferiores direito e esquerdo, baseadas nas ativações musculares de jovens e idosos (calculadas por meio das equações 7 e 8), em todas as condições experimentais.

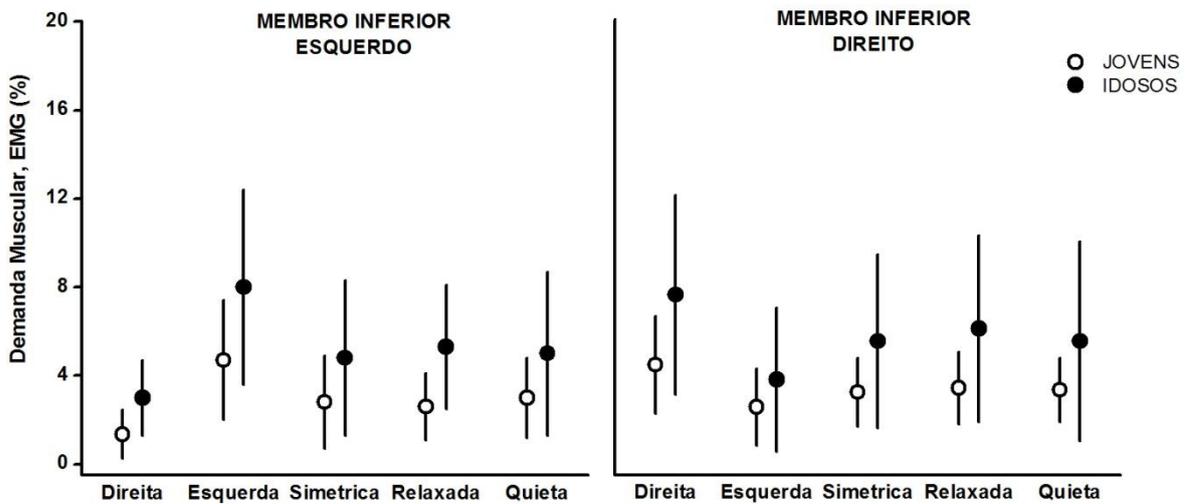


FIGURA 15 – Médias e desvios padrões (DP) das demandas musculares do membro inferior direito (figura à direita) e membro inferior esquerdo (figura à esquerda), de JOVENS e IDOSOS para todas as condições experimentais.

A análise de variância (ANOVA) revelou efeito principal de tarefas para a perna direita ( $F(1,27)=12,0$ ,  $p<0,001$ ). Jovens e idosos apresentam maiores demandas musculares da perna direita ao permanecerem com o peso corporal sobre o respectivo membro (tarefa DIREITA) em comparação às posturas ESQUERDA ( $p<0,001$ ), SIMÉTRICA ( $p=0,003$ ) ou RELAXADA ( $p=0,002$ ). Houve ainda interação ( $F(1,27)=5,3$ ,  $p=0,02$ ), revelando que idosos apresentam maiores demandas musculares do membro direito durante a postura DIREITA em relação à condição QUIETA ( $p<0,001$ ).

Do mesmo modo, houve efeito principal de tarefa para a perna esquerda ( $F(1,27)=10,8$ ,  $p<0,001$ ), ambos os grupos apresentam maior demanda muscular durante a tarefa ESQUERDA quando comparada à DIREITA. Em adição, a demanda muscular de idosos foi significativamente maior que em jovens na postura ESQUERDA em comparação a condição à SIMÉTRICA ( $p=0,003$ ), à tarefa RELAXADA ( $p=0,005$ ) e à QUIETA ( $p=0,03$ ) ( $F(1,27)=7,6$ ,  $p=0,01$ ).

#### 7.4 Co-contrações Musculares: a partir da atividade muscular média

Os grupos JOVENS e IDOSOS apresentaram poucas co-contrações musculares nas diferentes posturas, mas ainda assim as ativações ocorreram com maior frequência nos pares musculares das pernas. O teste *de qui-quadrado* revelou não haver diferença entre grupos quanto à frequência de ocorrência de coativações musculares dos pares musculares das coxas D/E e pernas D/E, conforme apresentado na tabela 4.

Nas tabelas 5 e 6 (anexo V) são apresentadas as frequências de ocorrência e os valores dos índices de co-contração muscular das coxas direita (*ICo Coxa D*), esquerda (*ICo Coxa E*), pernas direita (*ICo Perna D*) e esquerda (*ICo Perna E*) respectivamente, para os grupos JOVENS e IDOSOS, nas posturas DIREITA, ESQUERDA, SIMÉTRICA, RELAXADA e QUIETA.

TABELA 4 – Valores do teste de qui-quadrado e de *p* para os índices de co-contração das coxas direita (*ICo Coxa D*), esquerda (*ICo Coxa E*), pernas direita (*ICo Perna D*) e esquerda (*ICo Perna E*), em todas as condições experimentais.

COMPARAÇÕES entre GRUPOS		Valores do teste qui-quadrado	Valores de p
Segmento	Tarefa		
COXA D	Direita	4,56	0,47
	Esquerda	0,77	0,37
	Simétrica	2,52	0,47
	Relaxada	5,72	0,45
	Quieta	2,52	0,47
COXA E	Direita	2,52	0,47
	Esquerda	4,56	0,33
	Simétrica	1,61	0,44
	Relaxada	4,56	0,47
	Quieta	1,61	0,44
PERNA D	Direita	7,77	0,35
	Esquerda	3,67	0,45
	Simétrica	0,77	0,37
	Relaxada	9,08	0,33
	Quieta	----	----
PERNA E	Direita	0,77	0,37
	Esquerda	10,1	0,43
	Simétrica	2,84	0,41
	Relaxada	7,58	0,66
	Quieta	2,08	0,35

## 7.5 Correlações entre assimetrias na distribuição de peso (ADP), atividade muscular e nível de atividade física

Inicialmente analisou-se individualmente a relação entre as assimetrias na distribuição de peso e a magnitude da atividade muscular para cada tarefa e o teste de Pearson revelou baixa correlação, tanto para o grupo JOVENS quanto IDOSOS ( $r=0,15$ ,  $p>0,05$ ;  $r=0,1$ ,  $p>0,05$ , respectivamente). Desse modo, verificou-se a relação entre as *ADP<sub>m</sub>* e as atividades musculares de cada músculo em todas as condições experimentais.

Houve correlação moderada apenas para os músculos gastrocnêmio medial direito (GMD) e esquerdo (GME) para os grupos IDOSOS ( $r=0,65$ ,  $p<0,001$ ;  $r=-0,65$ ,  $p<0,001$ , respectivamente) e JOVENS ( $r=0,51$ ,  $p<0,001$ ;  $r=-0,51$ ,  $p<0,001$ , respectivamente). Isto indica que maiores atividades musculares do GMD e GME foram observadas quando os indivíduos transferiam o peso para a perna direita e esquerda, respectivamente. Na figura 16 é apresentada a correlação entre a assimetria na distribuição de peso (*ADP<sub>m</sub>*) e a atividade muscular (em % CVMI) para os grupos JOVENS e IDOSOS.

O teste de *Spearman* revelou não haver correlação entre o nível de atividade física e magnitude das assimetrias posturais ( $|ADP|_m$ ) para jovens ( $\rho=-0,20$ ,  $p=0,5$ ) ou idosos ( $\rho=-0,24$ ,  $p=0,3$ ).

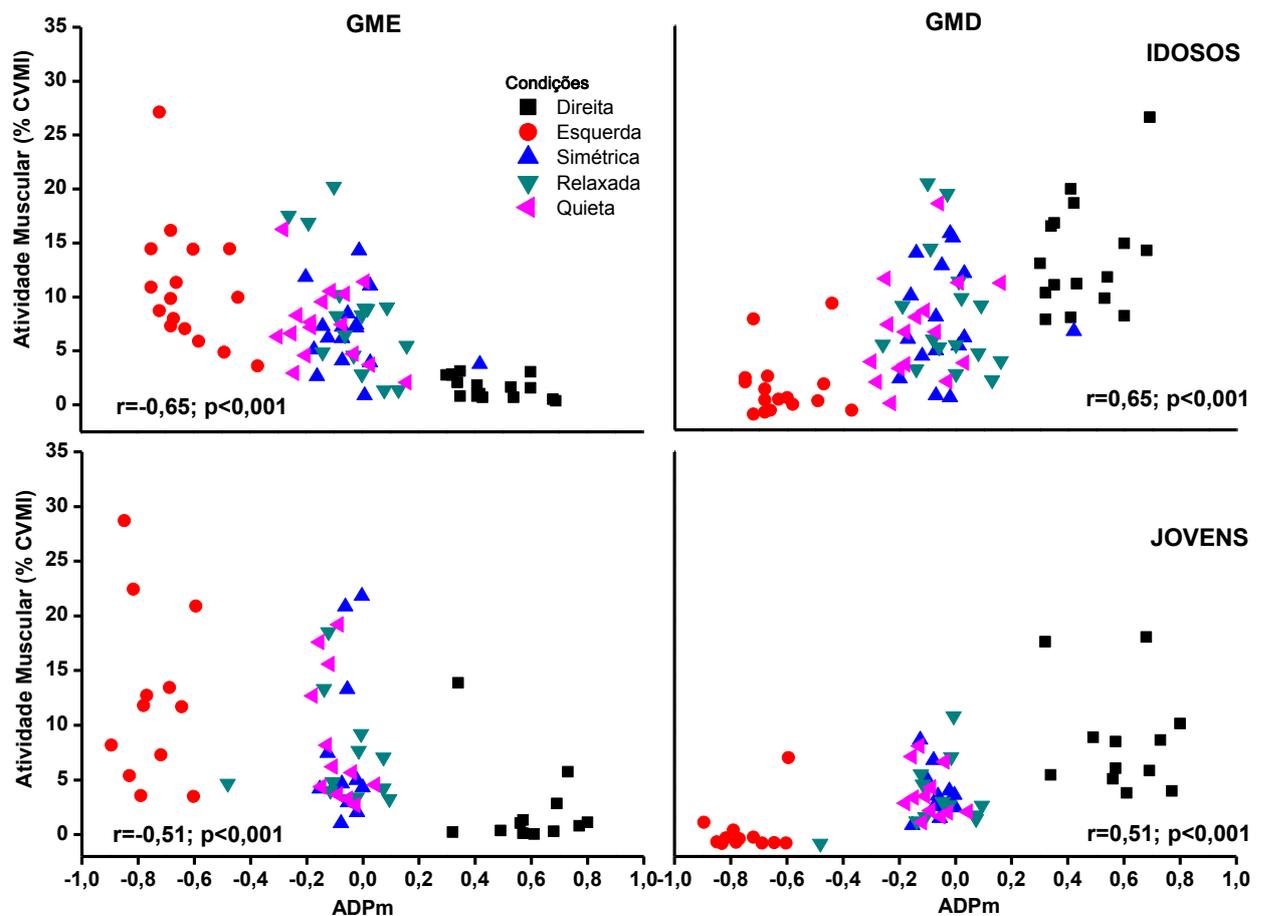


FIGURA 16 – Correlação entre a assimetria da distribuição de peso considerando o sinal ( $ADPm$ ) e a atividade muscular (% CVMI), em todas as condições experimentais, para os músculos gastrocnêmio medial direito (GMD, figuras à direita) e gastrocnêmio medial esquerdo (GME, figuras à esquerda), de JOVENS (figuras inferiores) e IDOSOS (figuras superiores), com valores de  $p$  e  $r$ .

## 7.6 Medidas Biológicas

Dos 32 participantes, apenas sete jovens e sete idosos foram submetidos ao registro de gases. Após uma análise preliminar dos dados desses voluntários, observou-se que três idosos e dois jovens exibiram, qualitativamente, mudanças posturais muito distintas em frequência e amplitude em relação ao resto do grupo. Esses indivíduos foram considerados *outliers* e excluídos da análise seguinte, que foi realizada, portanto, com um total de quatro idosos e cinco jovens. Na figura 17 são apresentados os valores de médias e desvios padrões das variáveis

metabólicas, obtidas a partir dos registros de gases para os grupos IDOSOS e JOVENS, em todas as condições experimentais incluindo o REPOUSO.

O teste ANOVA revelou apenas interação entre os fatores idade e tarefa para a variável frequência cardíaca ( $F(1,6)=4,4$ ,  $p=0,004$ ). Jovens apresentaram aumento significativo na frequência cardíaca durante a postura ereta em comparação ao repouso (valores de  $p<0,02$ ).

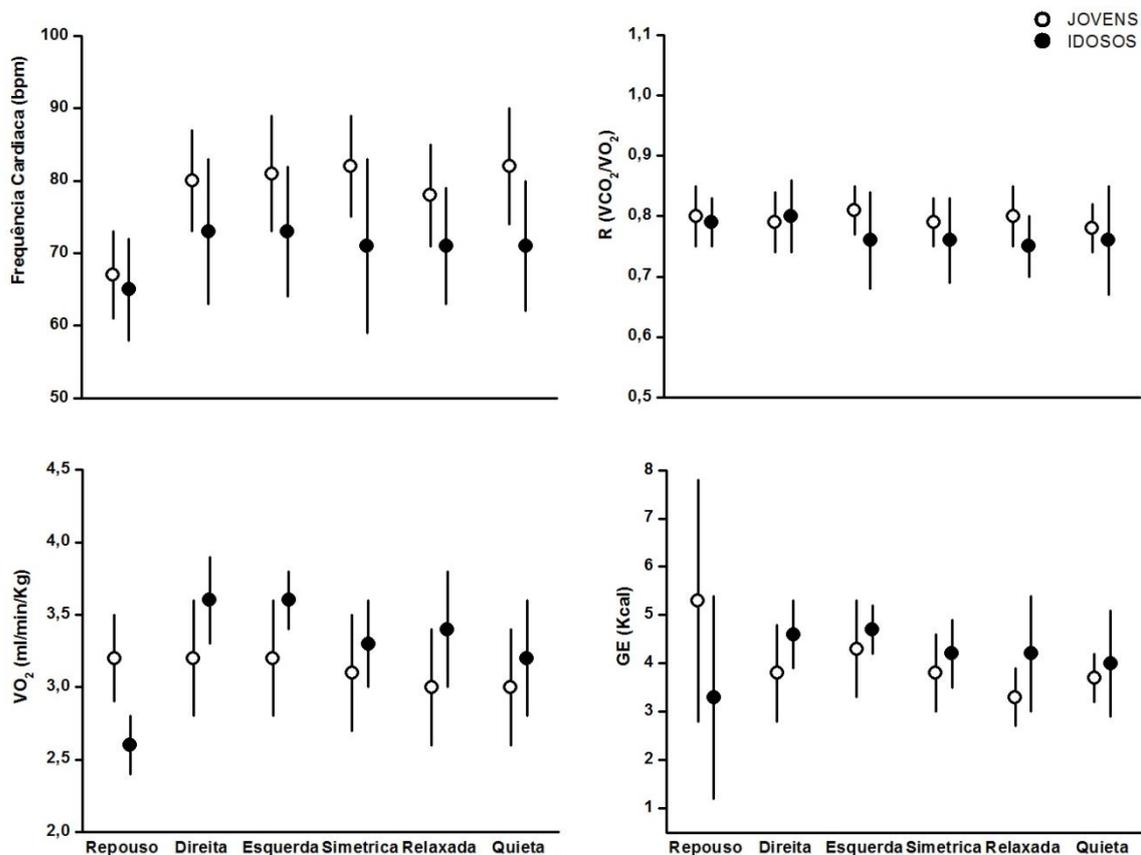


FIGURA 17 – Médias e desvios padrões das variáveis metabólicas: frequência cardíaca (em bpm) (figura superior esquerda), VO<sub>2</sub> (ml/min/kg) (figura inferior esquerda), R (quociente respiratório) (figura superior direita) e gasto energético (Kcal) (figura inferior direita), para JOVENS (N=5) e IDOSOS (N=4) nas condições REPOUSO, DIREITA, ESQUERDA, SIMÉTRICA, RELAXADA e QUIETA.

### 7.7 Correlação entre gasto energético e demanda muscular total

Por meio de teste de *Pearson* verificou-se correlação moderada entre o gasto energético, estimado a partir do  $VO_2$ , e a “*Demanda Muscular Total*”, somente para o grupo IDOSOS (Idosos:  $r=0,59$ ,  $p=0,006$ ; Jovens:  $r=0,05$ ,  $p=0,78$ ), conforme apresentado na figura 18. Esse resultado indica que, para idosos, quanto maior a demanda muscular, maior o gasto energético.

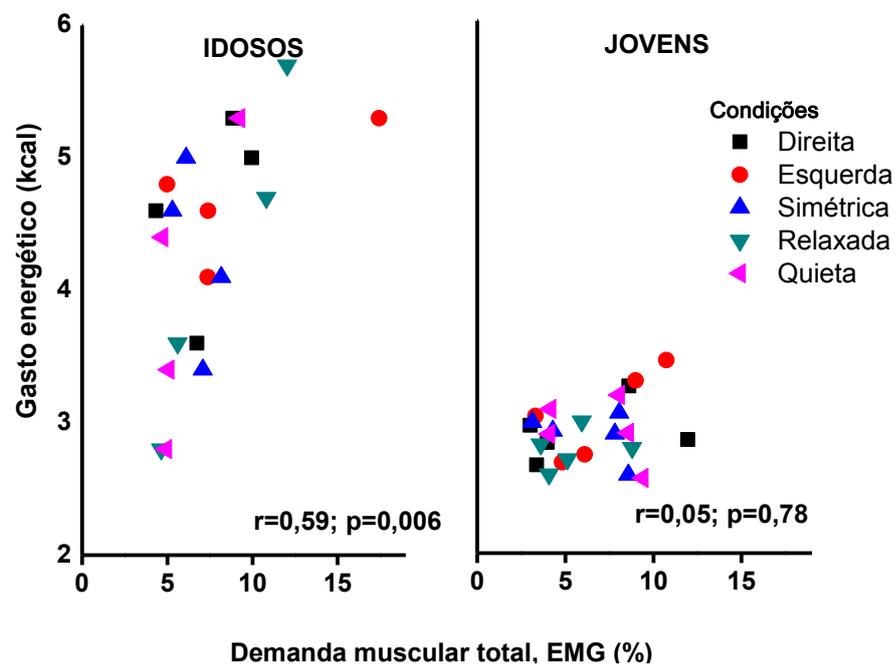


FIGURA 18 – Correlação entre demanda muscular total (determinada a partir da EMG, em %) e gasto energético (GE –  $VO_2$  em kcal) para os grupos JOVENS (figura direita,  $N=5$ ) e IDOSOS (figura esquerda,  $N=4$ ), valores de  $p$  e  $r$ , para as condições REPOUSO, DIREITA, ESQUERDA, SIMÉTRICA, RELAXADA e QUIETA.

## 8 Síntese das observações do estudo

### **Experimento 1: Assimetrias na distribuição de peso em jovens durante a postura ereta quieta e relaxada**

- Jovens exibiram ligeira assimetria na postura ereta quieta e um modo particular de transferência de peso na postura relaxada referido nesse estudo como modo duplo de distribuição de peso. A maior parte do tempo jovens permaneceram em faixas de pequenas assimetrias, seguido de um tempo menor em posturas significativamente assimétricas;
- Mulheres foram significativamente mais assimétricas que homens na postura relaxada e apresentaram preferência direita na distribuição de peso;
- As assimetrias posturais foram reprodutíveis em relação à natureza da condição experimental e consistente entre sessões.

### **Experimento 2: Assimetrias na distribuição de peso e ativações musculares e gasto energético em jovens e idosos na postura ereta**

- Jovens e idosos se comportaram de modo similar nas posturas SIMÉTRICA, QUIETA e NATURAL e apresentaram ligeira assimetria postural nas tarefas SIMÉTRICA e QUIETA. Tanto jovens quanto idosos tenderam a transferir o peso para o lado esquerdo do corpo. Na tarefa RELAXADA, a maior parte do tempo jovens e idosos permaneceram em faixas de pequenas assimetrias, seguido de um tempo menor em posturas significativamente assimétricas. Nas tarefas DIREITA e ESQUERDA, idosos foram menos assimétricos que jovens;
- Não houve correlação entre nível de atividade física e assimetrias posturais para ambos os grupos;
- Em geral, idosos produziram maiores ativações musculares que jovens, o que resultou em maior demanda muscular para esses indivíduos. Ambos os grupos produziram poucas co-contrações nas diferentes tarefas posturais;
- A atividade do músculo gastrocnêmio de jovens e idosos aumentou durante a adoção de posturas mais assimétricas;

- O gasto energético não sofreu grandes variações em condições de simetria ou assimetria posturais em ambos os grupos;
- Parece haver correlação entre demanda muscular e aumento no gasto energético apenas em idosos;

## 9 Discussão

O presente estudo teve como objetivo principal investigar as assimetrias na distribuição de peso, as demandas musculares e o gasto energético na postura ereta em jovens e idosos, por meio de dois experimentos.

Na primeira etapa identificaram-se, pela primeira vez, as assimetrias posturais e a frequência de permanência em posturas assimétricas em jovens de diferentes gêneros, e as diferenças de comportamento nas posturas ereta quieta e relaxada. Esse primeiro experimento revelou, qualitativamente, um padrão similar de distribuição de peso entre gêneros, mas ambos exibiram padrões distintos entre as posturas quieta e relaxada. Na postura relaxada, os sujeitos permaneceram a maior parte do tempo em pequenas assimetrias posturais, seguido de um tempo menor em posturas significativamente assimétricas. Esses resultados serão discutidos em maiores detalhes na seção correspondente.

De acordo com estudos anteriores, idosos produzem menos mudanças posturais e de menores amplitudes na postura relaxada (FREITAS et al., 2005; PRADO; DINATO; DUARTE, 2011). A hipótese neste presente estudo é que o comportamento do idoso seja decorrente da adoção de diferentes estratégias motoras, na tentativa de minimizar a demanda muscular e gasto energético envolvida na tarefa. Portanto, acreditamos que fatores como idade ou natureza da tarefa podem refletir em variações nas assimetrias posturais, ativações musculares e consequentemente gasto energético.

Desse modo, o segundo experimento buscou manipular as assimetrias posturais para entender as ativações musculares e gasto energético nas diferentes posturas, em jovens e idosos. Este foi o primeiro estudo a investigar as assimetrias posturais em idosos e relaciona-las com as ativações musculares e gasto energético. Em geral, verificou-se que idosos permaneceram em faixas de menores assimetrias posturais em relação a jovens.

Apesar dos idosos apresentarem padrões de ativações musculares similares a jovens, a magnitude das ativações foi maior em todas as posturas. Apesar de não se observar variações significativas no gasto energético em decorrência das diferentes condições impostas ao sujeito, parece haver uma relação entre a

demanda muscular e gasto energético para idosos na postura ereta. A seguir esses aspectos serão discutidos de modo mais detalhado.

### **9.1 Assimetrias na distribuição de peso (ADP) entre membros inferiores**

No experimento 1 verificou-se que mesmo na postura ereta quieta homens e mulheres jovens apresentam ligeira assimetria na distribuição de peso, em torno de 5%, sem preferência de descarga de peso sobre um único membro ao longo da tarefa. Tais resultados corroboram com estudos anteriores de BLASZCZYK et al., (2000), CALDWELL et al. (1986), JONSSON; HENRIKSSON; HIRSCHFELD, (2007) e MURRAY e PETERSON, (1973), que também observaram um percentual de assimetria similar. Ainda, MURRAY e PETERSON, (1973) constataram que jovens não apresentavam preferência de descarga de peso sobre um membro durante a postura quieta, o que reforça os achados do presente estudo.

Assimetrias de 5% denotam que aproximadamente 52,5% do peso corporal encontra-se sobre uma perna e 47,5% na outra. Pressupõe-se, que esta diferença sutil de assimetria seja pouco perceptível, caso contrário eles manteriam o peso igualmente distribuído entre membros. Acreditamos que essa variação refere-se a uma assimetria mínima. Complementa-se que a existência de assimetrias anatômicas ou fisiológicas entre lados do corpo fazem com que o corpo apresente uma assimetria de massa (AUERBACH; RUFF, 2006; GUTNIK et al., 2008), o que favorece as assimetrias de distribuição de peso na postura ereta.

Todavia, submeter os indivíduos a uma postura quase simétrica não reproduz claramente o comportamento que eles adotam em atividades do cotidiano. Diante disso, buscou-se impor ao sujeito uma postura mais relaxada, e verificou-se um comportamento muito particular, referido nesse estudo como modo duplo de distribuição de peso. Esse comportamento caracteriza-se pelos indivíduos permanecerem a maior parte do tempo em faixas de pequenas assimetrias (em torno de 10% de ADP), seguido de permanência em assimetrias significativamente grandes (aproximadamente 80% de ADP). A maioria dos sujeitos apresentou o modo

duplo de distribuição de peso, apenas 5 homens dos 41 participantes permaneceram na faixa de pequenas assimetrias.

Os resultados obtidos no experimento 1 sugerem que o modo como os jovens transferem peso corresponde a um comportamento particular e consistente, independente da atividade realizada durante a postura relaxada, como assistir a um vídeo ou ler um texto. Este é o primeiro estudo a caracterizar as assimetrias posturais e frequência de permanência em posturas assimétricas em jovens durante as posturas ereta quieta e relaxada.

A principal diferença entre gêneros é que mulheres foram significativamente mais assimétricas que homens na postura relaxada e permaneceram mais tempo em grandes assimetrias. SACKLEY e LINCOLN, (1991) observaram maiores assimetrias posturais (na postura quieta) em mulheres e atribuíram tal comportamento a diferenças na força muscular entre gênero, enquanto SMITH; LELAS; KERRIGAN, (2002) sugeriram que fatores anatômicos, como largura da pelve feminina, contribuem para uma maior mobilidade pélvica, o que permitiria a manutenção de posturas mais assimétricas.

Os achados de SMITH; LELAS; KERRIGAN, (2002) revelaram uma inclinação pélvica em mulheres maior que em homens, de aproximadamente 10 graus. É plausível imaginar que a maior mobilidade articular no plano frontal, possa facilitar a transferência lateral de peso em mulheres. Conseqüentemente a adoção de posturas mais assimétricas seria realizada com maior facilidade ou mais frequência em comparação aos homens.

No experimento 1, na postura relaxada, mulheres apresentaram preferência direita na transferência de peso. Para GUTNIK et al., (2008), além de haver uma relação entre preferência manual e pedal na estratégia/mecanismo de controle do equilíbrio, a perna dominante serve como apoio. Contrariamente ao estudo de GUTNIK et al., (2008), SACKLEY; LINCOLN (1991) e HELLENBRANDT et al., (1938) verificaram que mulheres transferem peso mais para o lado esquerdo do corpo, além de serem mais assimétricas.

Para JONSSON; SEIGER; HIRSCHFELD, (2005), KING; WANG; NEWELL, (2012) e WANG; MOLENAAR; NEWELL, (2013), a preferência por um dos lados pode estar relacionada ao posicionamento dos pés. A perna dominante normalmente serve como apoio, isto é, recebe maior peso e frequentemente é posicionada posterior à perna não dominante. No presente estudo a postura relaxada envolveu

mínima restrição mecânica, o que permitiu aos participantes transferirem o peso corporal e posicionarem os pés de acordo com a própria preferência. Das vinte e três participantes, dezenove reportaram preferência pedal direita, e portanto podem ter usado a perna direita para estabilização da postura. A preferência de lado ao distribuir o peso do corpo ainda não é conclusiva. Estudos adicionais são necessários para verificar se a preferência lateral está relacionada à dominância pedal.

Apesar dos estudos mencionados avaliarem tal preferência apenas na postura ereta quieta, talvez a diversidade de resultados entre o presente estudo e os anteriores esteja associada às correções voluntárias na transferência de peso que os indivíduos fazem continuamente. Provavelmente, isso ocorre como uma forma de compensar uma tendência natural do indivíduo em transferir o peso para o lado dominante.

Os resultados do experimento 1 viabilizaram algumas hipóteses quanto às possíveis vantagens, do ponto de vista de demanda muscular e gasto energético, ao permanecermos em diferentes faixas de assimetrias posturais. Para tanto, conduziu-se o experimento 2, onde parte dos resultados obtidos no ensaio anterior foi reproduzida e estendeu-se as observações para indivíduos idosos.

As condições experimentais tiveram uma duração total de aproximadamente 30 minutos, o que poderia ser considerada uma tarefa de difícil execução para os idosos. Entretanto, eles foram capazes de permanecerem em pé sem relatar esforço ou cansaço e consideraram a tarefa como fácil, provavelmente por se tratarem de indivíduos fisicamente ativos. Os participantes que relataram dor após o experimento foram excluídos do estudo, já que o sintoma doloroso dificultaria grandes transferências de peso para o lado afetado. CHRISTIANSEN; STEVENS-LAPSLEY, (2010) demonstram que indivíduos com dor unilateral em joelho transferem menos peso para o lado afetado e, portanto são mais assimétricos.

Em relação à postura ereta QUIETA, os jovens apresentaram uma pequena assimetria na distribuição de peso, reiterando os resultados do experimento 1. Diversos estudos observam que a amplitude da oscilação postural aumenta com o avanço da idade, desse modo esperar-se-ia que idosos fossem mais assimétricos que jovens. Os resultados do presente estudo não diferiram significativamente entre grupos. Não obstante, parece haver uma tendência de idosos serem ligeiramente mais assimétricos na postura QUIETA, em acordo com achados de BLASZCZYK et

al., (2000); JONSSON; HENRIKSSON; HIRSCHFELD, (2007), JONSSON; SEIGER; HIRSCHFELD (2005) e SACKLEY, LINCOLN (1991).

Já na tarefa SIMÉTRICA, onde os participantes foram instruídos a manterem o peso igualmente distribuído entre membros inferiores, idosos permaneceram tão simétricos quanto os jovens, além de manterem-se menos assimétricos em comparação à postura ereta quieta. Esse comportamento alerta sobre o modo como as pessoas devem ser instruídas ao realizarem uma tarefa, e de como a instrução e demanda de atenção podem refletir em mudanças no controle da postura.

O efeito da demanda cognitiva no controle postural tem sido investigado por meio do paradigma da tarefa dual, no qual o sujeito deve executar uma tarefa não-postural (leitura, contagem mental, busca visual, transferência voluntária de peso) durante a postura em pé (BROWN et al., 2002; HAUER et al., 2003; HUXHOLD et al., 2006; JONSSON; SEIGER; HIRSCHFELD, 2005; MELZER; BENJUYA; KAPLANSKI, 2001; PRADO; STOFFREGEN; DUARTE, 2007; RESCH et al., 2011; TEASDALE; SIMONEAU, 2001; TSANG et al., 2013). Alguns desses estudos acreditam que, por se tratar de tarefas com maior demanda cognitiva, isso possa comprometer a capacidade do indivíduo em controlar o equilíbrios ou até mesmo afetar o desempenho deles na tarefa não-postural.

Em contraste, outras pesquisas afirmam que tarefas duais não necessariamente comprometem o controle do equilíbrio, mas sim que as mudanças no controle da postura e a demanda de atenção dependem da natureza da tarefa (tipo de estímulo, nível de dificuldade da tarefa, restrições posturais) da disponibilidade de informações sensoriais, da capacidade de atenção e da idade (HUNTER; HOFFMAN, 2001; MELZER; BENJUYA; KAPLANSKI, 2001; PRADO; STOFFREGEN; DUARTE, 2007). Acreditamos que, no presente estudo, o comportamento dos idosos na postura SIMÉTRICA parece ser uma questão muito mais cognitiva que mecânica.

Diferentemente da tarefa simétrica, a condição RELAXADA envolveu mínima restrição postural. Nesta condição, jovens e idosos apresentaram comportamentos similares. Apesar de esses indivíduos serem instruídos do mesmo modo, idosos optaram por permanecer menos tempo em faixas de grandes assimetrias.

Ao comparar o comportamento dos jovens entre experimentos verificou-se novamente que, qualitativamente, ele exibiram um padrão de transferência de peso similar ao experimento 1, independentemente do tempo de duração da tarefa. Essas

observações reforçam que o modo como esses indivíduos movem-se na postura relaxada é consistente.

A principal diferença observada entre grupos ocorreu durante as posturas DIREITA e ESQUERDA. Nessas tarefas, onde os indivíduos deveriam permanecer em faixas de grandes assimetrias posturais, idosos não transferiram grande parte do peso corporal para qualquer uma das pernas. Jovens foram mais assimétricos e permaneceram mais tempo nas faixas de grandes assimetrias.

A permanência em posturas assimétricas envolve uma maior demanda do sistema de controle postural na regulação da postura ereta (ANKER, 2008; GENTHON, ROUGIER, 2005). Do ponto de vista biomecânico, grandes transferências laterais de peso implicam em deslocar o centro de massa (CM) próximo dos limites de estabilidade, o que exige do indivíduo uma capacidade maior em controlar o equilíbrio. Essa afirmação talvez possa justificar as menores assimetrias assumidas pelos idosos nas posturas RELAXADA, DIREITA e ESQUERDA. Idosos adotam esse comportamento, possivelmente, com a intenção de minimizar perturbações do CM, já que as funções do sistema de controle postural deterioram-se com o avanço da idade e, portanto, ficar muito assimétrico poderia resultar em desequilíbrios posturais.

Outra hipótese acerca do comportamento do idoso relaciona-se às demandas musculares e gasto energético. Supostamente menores assimetrias posturais poderia acarretar em um menor nível de ativação muscular, o que refletiria em economia de energia. Esta hipótese será discutida de modo mais detalhado nas seções seguintes.

Outra suposição estaria relacionada a possíveis restrições mecânicas articulares decorrentes do envelhecimento. MORINI et. al., (2004) e ABATE et al., (2011) observaram que a amplitude de movimento do quadril para flexão-extensão / abdução-adução diminui significativamente com o envelhecimento. Essa condição poderia explicar o fato de idosos não terem permanecido em grandes faixas de assimetria, já que grandes transferências de peso envolvem maior mobilidade articular/amplitude de movimento do quadril de adução e abdução.

A dificuldade dos idosos em controlar a estabilidade lateral é uma condição observada com frequência, e talvez essa dificuldade impeça a adoção de posturas assimétricas. A transferência lateral é uma estratégia motora usada para terminar ou iniciar a maioria das atividades do cotidiano na postura ereta. Portanto, para o idoso

seria vantajoso permanecer em posturas mais assimétricas, já que a manutenção dessa postura implicaria em uma redução do tempo necessário para adotar a estratégia do passo, facilitando a restauração do equilíbrio diante de uma perturbação postural.

Ao ficarmos em pé o sistema de controle postural é constantemente estimulado e condicionado a desempenhar suas funções. Com o avanço da idade, é provável que idosos permaneçam menos tempo em pé, produzam menos transferências de peso, de menores amplitudes na postura natural e, então, a capacidade do sistema de controle postural em controlar o equilíbrio se deteriora.

Possivelmente, o nível de condicionamento do sistema de controle postural está diretamente relacionado com a natureza ou complexidade da tarefa. Desse modo, mudanças posturais em atividades do cotidiano passam a ser um desafio para o sistema de controle postural. Neste sentido, incentivar que idosos assumam posturas assimétricas pode ser uma forma de treinamento para o idoso aprimorar o controle do equilíbrio, e portanto, essas atividades poderiam fazer parte de programas de reabilitação em associação ao uso de realidade virtual ou *biofeedback*.

Considera-se que embora no presente estudo a postura relaxada envolveu mínima restrição postural, as limitações instrumentais dificultaram a simulação de uma real atividade cotidiana, já que os participantes não ficaram totalmente livres para se movimentarem. O uso de instrumentos que permitam a livre movimentação do sujeito, como por exemplo, palmilhas de pressão e aparelho para registro de gases portátil são sugestões para futuras investigações.

A magnitude das assimetrias na distribuição de peso observadas no presente estudo talvez tenha uma relevância clínica pequena para idosos saudáveis e fisicamente ativos. Entretanto, em indivíduos com sequelas de doenças neurológicas ou musculoesqueléticas, como o acidente vascular encefálico (AVE) ou osteoartrose, a dificuldade em transferir o peso do corpo para o lado afetado pode prejudicar significativamente a estabilidade postural.

Em relação às condições experimentais do presente estudo, um aspecto a ser considerado é a existência de uma grande variabilidade nas transferências de peso corporal, tanto em jovens quanto idosos. Talvez essa variabilidade seja, em parte, decorrente das condições do ambiente ou desenho experimental.

## **9.2 Ativações musculares: atividade muscular média, demanda muscular, correlação entre ADP e atividade muscular média**

Os resultados do experimento 2 mostraram que, em geral, idosos apresentaram maiores níveis de atividade muscular que jovens em todas as condições experimentais, mesmo com padrões de ativação similares. O aumento da atividade muscular ou envolvimento de mais músculos na postura ereta é uma condição comumente observada na população idosa. Tal comportamento é considerado como uma estratégia para garantir uma melhor estabilidade postural ou como compensação de uma possível fraqueza muscular decorrente do envelhecimento (AMIRIDIS; HATZITAKI; ARABATZI, 2003; LAUGHTON et al., 2003).

Os estudos de TIKKANEN et al. (2013) e KLEIN et al. (2010) reportam uma atividade muscular média de músculos da coxa na postura ereta em torno de 4-6% da CVMI para indivíduos jovens. No presente estudo a magnitude da ativação muscular em jovens foi ligeiramente menor (ativação de músculos da coxa próxima de 2% da CVMI) em comparação aos idosos (vasto lateral, em média 6-7% e bíceps femoral, 2-3% da CVMI).

As maiores atividades musculares produzidas tanto por jovens quanto idosos foram observadas nos músculos gastrocnêmio medial das pernas direita e esquerda. Tal aumento foi proporcional às maiores faixas de assimetrias na distribuição de peso, isto é, uma maior ativação muscular é necessária para corrigir a postura à medida que ficamos mais assimétricos. Em condições de grandes assimetrias, por se tratar de uma postura mecanicamente mais instável, assim como por exemplo o apoio unipedal (similar a transferência total de peso por uma das pernas), é necessário maior ação muscular para controlar o equilíbrio.

Parte das oscilações posturais na direção AP envolve a estratégia motora de tornozelo, controlada principalmente por músculos que atuam nessa articulação (BORG et al., 2007). No entanto, a coordenação entre essa estratégia e a de quadril, requerida nas transferências laterais de peso, é necessária ao produzir mudanças posturais (ROUGIER, 2007; ROUGIER; GENTHON, 2009; WINTER, D. A. et al., 1996).

Neste sentido, alguns estudos constataram que durante a transferência lateral de peso, há uma associação entre maiores assimetrias posturais e aumento da

oscilação postural médio-lateral (ML), bem como aumento progressivo da oscilação na direção antero-posterior (AP). Esse fenômeno é observado principalmente sobre a perna de apoio, tanto em idosos (BLASZCZYK et al., 2000; JONSSON; SEIGER; HIRSCHFELD, 2005; MARIGOLD; ENG, 2006) quanto jovens (ANKER et al., 2008; KING; WANG; NEWELL, 2012; ROUGIER; GENTHON, 2009; WANG; MOLENAAR; NEWELL, 2013).

Na interpretação de ANKER et al., (2008) grandes assimetrias posturais (mais que 30% de ADP) implicam em oscilações não somente na direção ML, como também AP, resultando em maior produção de torques em torno da articulação do tornozelo da perna de apoio para garantir o equilíbrio na postura ereta.

Parece que mesmo na transferência lateral de peso, que envolve principalmente estratégia de carga/descarga, ainda assim o gastrocnêmio medial exerce um papel importante na regulação da postura ereta em decorrência de certa contribuição da estratégia de tornozelo. Provavelmente a correlação entre maiores faixas de assimetrias posturais e progressivo aumento da atividade muscular do gastrocnêmio medial observada no presente estudo, possa ser explicada pela adoção simultânea dessas estratégias motoras. No entanto, uma limitação do estudo é a ausência de registro dos músculos adutores e abdutores do quadril ou do registro cinemático para avaliar as estratégias empregadas por jovens e idosos durante as condições experimentais.

Complementa-se que idosos apresentaram maior atividade muscular do gastrocnêmio medial que jovens, mesmo permanecendo em faixas de menores assimetrias posturais. Outra observação relevante é que idosos apresentaram maiores ativações do músculo tibial anterior em comparação aos jovens, principalmente nas posturas mais assimétricas. Estes achados corroboram com o estudo de LAUGHTON et al., (2003), que observaram, em idosos, aumento da atividade do TA até mesmo na postura ereta quieta.

Esses resultados indicam que apesar das modificações no sistema de controle postural decorrentes do envelhecimento, como maiores ativações musculares, idosos foram capazes de recrutar músculos de modo similar aos jovens em tarefas envolvendo simetria e assimetria posturais

Diante dos achados do presente estudo, questiona-se se menores assimetrias posturais e maiores ativações musculares em idosos relacionam-se às restrições

biomecânicas e/ou mudanças no controle neuromuscular decorrentes do envelhecimento.

Uma hipótese que explicaria esses comportamentos é a de que idosos não permaneceriam tão assimétricos por essa postura exigir um grande esforço muscular. As próprias modificações mecânicas e estruturais decorrentes do envelhecimento podem influenciar na maior demanda do sistema muscular. De acordo com ONAMBELE; NARICI; MAGANARIS, (2006) e REEVES; NARICI; MAGANARIS, (2003) idosos apresentam maior complacência dos tendões, inclusive do tendão do músculo gastrocnêmio medial. Assim, para compensar essa alteração mecânica, há necessidade de produzir ativamente mais força muscular para manter a mesma produção de torque em torno da articulação do tornozelo durante a postura ereta (BAUDRY; LECOEUUVRE; DUCHATEAU, 2012).

A partir das ativações musculares registradas no experimento 2, estimou-se a demanda muscular de cada membro inferior e a demanda total (somatória da demanda de todos os músculos investigados). Nessa estimativa, considerou-se a atividade eletromiográfica dos músculos envolvidos na tarefa e as respectivas áreas de secção transversa (PRAAGMAN et al., 2006). Os resultados reforçam o que se observou em relação às atividades musculares individuais, isto é, verificou-se maior demanda muscular em posturas mais assimétricas, principalmente nos idosos.

Ressalta-se que a área de secção transversa dos músculos foi baseada em estudos anteriores (ver seção métodos) e não diretamente por meio de exames de imagens, como ressonância magnética ou ultrassonografia.

Os achados sustentam, parcialmente, as hipóteses levantadas anteriormente. Em termos de demanda muscular parece não ser mais vantajoso para o idoso permanecer assimétrico, o que justificaria o fato de idosos, mesmo quando orientados a movimentarem-se livremente, optarem por permanecerem menos assimétricos em tarefas onde mínima restrição postural é imposta.

### 9.3 Co-contrações musculares

Outra hipótese do presente estudo a cerca dos idosos é que a adoção de posturas menos assimétricas poderia estar relacionada às coativações musculares. A co-contração auxiliaria no controle da postura ereta, o que justificaria idosos adotarem uma postura mais fixa na postura relaxada. Coativações musculares são comuns em idosos ao realizarem diversas atividades do cotidiano (HORTOBAGYI; DEVITA, 2000; HORTOBAGYI et al., 2009; MACALUSO et al., 2002; MIAN et al., 2006; NAGAI et al., 2011; PETERSON; MARTIN, 2010; SCHMITZ et al., 2009), inclusive na postura ereta quieta (LAUGHTON et al., 2003; MELZER; BENJUJA; KAPLANSKI, 2001; NAGAI et al., 2011). Entretanto, poucos são os estudos que investigam coativações musculares na postura quieta ou em assimetrias posturais.

No presente estudo, as coativações musculares foram pouco frequentes e não diferiram entre grupos, nem mesmo nas posturas mais assimétricas. Porém as coativações entre os músculos da coxa pareceram ser mais frequentes em idosos, consistente com os achados dos estudos de LAUGHTON et al., (2003) e NAGAI et al., (2011), que verificaram comportamento similar na postura ereta quieta.

A co-contração muscular pouco observada no presente estudo, pode estar relacionada com a natureza da condição experimental. As tarefas não envolveram grandes perturbações posturais ou produção significativa de força e, portanto, não requereu do idoso coativar significativamente a musculatura de coxa ou perna. Neste sentido, HORTOBAGYI et al., (2009) e MELZER; BENJUJA; KAPLANSKI, (2001) demonstram que coativações musculares em idosos são maiores e mais frequentes à medida que as tarefas exigem do indivíduo um desempenho físico mais intenso ou quando perturbações posturais são impostas ao sujeito.

Uma hipótese alternativa relaciona-se ao condicionamento físico dos idosos avaliados. De acordo com KIM; LOCKHART; ROBERTO (2009), a atividade física regular pode minimizar as alterações neuromusculares decorrentes do envelhecimento e aperfeiçoar o padrão de recrutamento neural. Alguns estudos mostram que aumentos na força e potência muscular adquiridos com o treinamento de força melhoram o estado funcional global e o equilíbrio dos idosos (CANNON et al., 2007; HANSON et al., 2009; PIJNAPPELS et al., 2008). Igualmente HAKKINEN et al. (2001), observaram que idosos apresentaram ganhos consideráveis de força e melhora da sinergia muscular (aumento na ativação voluntária da musculatura

agonista e redução significativa na coativação dos antagonistas), após treinamento de força.

É possível que para os idosos do presente estudo, a prática regular de atividade física tenha contribuído para o aprimoramento das estratégias de ativação do sistema muscular, sem a necessidade dos participantes idosos co-contraiem os músculos com tanta frequência. Idosos apresentaram co-contrações ocasionais, assim como os participantes jovens. Para esclarecer essa questão seria adequado submeter idosos sedentários a condições experimentais similares às do presente estudo.

#### **9.4 Medidas Biológicas**

De modo geral, as transferências de peso corporal não resultaram em variações significativas das variáveis fisiológicas investigadas no presente estudo, porém observa-se uma tendência do gasto energético ser ligeiramente maior nas posturas mais assimétricas. Possivelmente, as diferentes posturas não impuseram grandes demandas ao metabolismo de jovens e idosos.

Da comparação com o repouso, parece haver adaptações fisiológicas ao adotarmos a postura ortostática. Entretanto, o número reduzido de participantes limita fazermos qualquer afirmação. Destaca-se que houve uma tendência ( $p=0,05$ ) dos idosos aumentarem o consumo de oxigênio na condição DIREITA em relação ao repouso, como pode ser observado na figura 17. A maior atividade muscular observada nos idosos, principalmente em posturas mais assimétricas, justificaria o maior consumo de oxigênio.

Verificou-se ainda que todos os indivíduos apresentaram um aumento da frequência cardíaca (FC) na posição ortostática, porém esse efeito foi mais significativo em jovens. Esses resultados assemelham-se aos dos estudos de JONES e DEAN, (2004), MILES-CHAN et al., (2014) RUBINI; PAOLI; PARMAGNANI (2012), que observaram aumento da FC de jovens na postura em pé versus as posturas deitada ou sentada. Com a mudança da postura, a ação da gravidade atua sobre os sistemas cardiovascular e respiratório direcionando o sangue aos membros

inferiores, dificultado assim o retorno venoso e reduzindo o débito cardíaco. Diante dessas alterações, o sistema cardiovascular deve realizar um trabalho adicional para deslocar o sangue novamente ao coração, dentre outros mecanismos fisiológicos, por meio do aumento da frequência cardíaca.

Em adição, idosos exibiram em repouso valores de  $VO_2$  e FC mais baixo que em jovens. A menor frequência cardíaca, o menor consumo de  $O_2$  e as menores respostas da FC em ortostatismo em idosos são bem conhecidas (GABBETT et al., 2001; HUNT; FARQUHAR; TAYLOR, 2001; WIELING et al., 1992), e podem ser sugestivas de uma atividade parassimpática maior. Em adição, modificações estruturais do sistema cardiovascular, como diminuição na complacência das artérias pode ser um mecanismo responsável pela redução do barorreflexo cardiovagal, e conseqüente diminuição da FC com o envelhecimento (NETO, 2006).

Em contraste aos idosos, jovens apresentaram uma discreta diminuição do gasto energético na postura ereta em relação ao repouso. Apesar de não apresentar significância estatística, esses resultados são similares ao estudo de MILES-CHAN et al., (2013), mas diferem dos trabalhos de (CHANG et al., 2005; RUBINI; PAOLI; PARMAGNANI, 2012), que observaram aumento na gasto energético na postura em pé versus deitada.

Isso poderia ser explicado pelo estilo de vida dos jovens, ou pela atividade que antecedeu o teste. A maior parte dos jovens usou transporte público para chegar ao local da avaliação, situação que envolve maior atividade física e talvez o tempo de repouso não tenha sido suficiente para fazer o gasto energético chegar a valores mais baixos. Complementa-se que quanto à ingestão de alimentos e bebidas, todos os participantes foram adequadamente orientados e eles relataram que seguiram as instruções do avaliador.

Considerando o número reduzido de participantes submetidos ao registro de gases, a questão do gasto energético em diferentes posturas ainda não é muito clara. Estudos adicionais envolvendo registros eletromiográficos, marcadores fisiológicos e medida de gases seriam apropriados para elucidar essa questão.

## 9.5 Correlação entre gasto energético e demanda muscular total

Alguns estudos estabelecem uma correlação entre atividade muscular e gasto energético, mostrando que o registro eletromiográfico pode ser um método adequado para determinar indiretamente o gasto energético envolvido em uma tarefa. Alguns deles verificam a correlação por meio do registro de atividade muscular individual ou de grupos musculares, em tarefas envolvendo as posturas deitada, sentada e em pé (JAMMES; CAQUELARD; BADIÉ, 1998; PRAAGMAN et al., 2006; PRAAGMAN et al., 2003; RUBINI; PAOLI; PARMAGNANI, 2012; TSURUMI et al., 2002), ou em atividades de alta intensidade (BLAKE; WAKELING, 2013; RUBINI; PAOLI; PARMAGNANI, 2012; TIKKANEN et al., 2014).

O experimento 2 revelou correlação moderada apenas para os idosos, isto é, o aumento do gasto energético poderia ser explicado em parte pelo aumento da atividade muscular. Porém, novamente deve-se considerar o número reduzido de participantes, o que limita fazer qualquer afirmação. Ademais, o intervalo de variação dos dados de atividade muscular dos idosos foi superior ao dos jovens, o que poderia justificar esse achado.

Para esclarecer tal observação, optou-se por limitar os dados dos idosos ao mesmo intervalo dos jovens e verificar a correlação. Para tanto, excluiu-se um indivíduo idoso cuja demanda muscular encontrava-se em torno de 17% (EMG). Novamente observou-se correlação moderada para idosos ( $r= 0,58$ ,  $p=0,01$ ) e não para jovens, o que sugere que provavelmente a correlação observada no presente experimento não se trata de artefato estatístico. Até o momento não havia sido estabelecida essa relação em indivíduos idosos na literatura, apenas grupos de jovens e indivíduos de meia idade.

LAY et al., (2002) e SPARROW, NEWELL, (1998) afirmam que a habilidade ou desempenho motor ao executar uma determinada tarefa refletem diretamente no gasto energético. Com a prática, seres humanos executam determinadas tarefas com maior eficiência motora, e, portanto, menores ativações musculares são necessárias para coordenar os movimentos das diferentes partes do corpo. Como consequência a esta mudança na atividade muscular, o gasto energético diminui (economia de energia). Neste sentido, é provável que idosos sejam menos eficientes, do ponto de vista motor, ao permanecerem na postura ereta, e isso resulte no aumento da atividade muscular e consequente incremento o gasto

energético observados no presente estudo. O fato de idosos serem energeticamente menos econômicos ao realizarem uma tarefa, talvez seja uma adaptação desses indivíduos ao processo de envelhecimento.

A manutenção da postura ereta requer uma atividade muscular contínua de diversos músculos dos membros inferiores. Para estimar o gasto energético a partir da atividade muscular, seria apropriado registrar a atividade muscular de todos os músculos envolvidos na tarefa. Destaca-se que no presente estudo verificou-se a correlação considerando apenas as atividades musculares de oito músculos.

Da mesma maneira, TSURUMI et al., (2002) , BLAKE; WAKELING, (2013), RUBINI; PAOLI; PARMAGNANI, (2012) e TIKKANEN et al. (2014) registraram a atividade apenas dos músculos mais requeridos nas tarefas a serem investigada, e ainda assim observaram correlação entre EMG e gasto energético. Isto reforça as evidências de que o registro de parte de músculos envolvidos nas tarefas posturais é um método robusto para estimar a gasto energético de seres humanos.

Variações no gasto energético durante a postura ereta estão relacionadas com diversos processos fisiológicos (cardiovasculares, respiratórios, musculares). Os achados sugerem que do ponto de vista metabólico a manutenção da postura ereta é uma tarefa relativamente pouco dispendiosa para jovens, e talvez outros processos fisiológicos poderiam justificar a gasto energético nesses indivíduos.

## 10 Conclusão

Este estudo verificou e caracterizou um padrão de transferência de peso entre membros inferiores que é particular à maioria dos jovens. Em condições onde mínima restrição postural é imposta esses indivíduos adotaram, temporariamente, posturas significativamente assimétricas.

Parece que a capacidade em transferir peso é afetada pelo envelhecimento. Idosos apresentam certa dificuldade em permanecer em posturas mais assimétricas. Apesar de eles produzirem padrões de ativações musculares similares aos jovens, a magnitude das ativações foi maior. Tarefas que envolvem esse tipo de postura talvez sejam mais desafiadoras para idosos regularem a postura, e portanto, poderiam fazer parte de programas de reabilitação com o intuito de aprimorar o desempenho de idosos em atividades do cotidiano que envolvam o ortostatismo.

Os resultados do presente estudo levantam a questão da possibilidade de haver maior gasto energético em posturas mais assimétricas, principalmente em idosos, e abre novas possibilidades para que futuros estudos possam compreender a demanda metabólica envolvida na manutenção da postura ereta.

## Referências Bibliográficas

- ABATE, M.; SCHIAVONE, C.; PELOTTI, P.; SALINI, V. Limited joint mobility (LJM) in elderly subjects with type II diabetes mellitus. **Arch Gerontol Geriatr**, v. 53, n. 2, p. 135-140, 2011.
- AGRAWAL, V.; GAILEY, R.; GAUNAURD, I.; GAILEY, R., 3RD; O'TOOLE, C. Weight distribution symmetry during the sit-to-stand movement of unilateral transtibial amputees. **Ergonomics**, v. 54, n. 7, p. 656-664, 2011.
- ALEXANDER, N. B. Postural control in older adults. **J Am Geriatr Soc**, v. 42, n. 1, p. 93-108, 1994.
- AMIRIDIS, I. G.; HATZITAKI, V.; ARABATZI, F. Age-induced modifications of static postural control in humans. **Neurosci Lett**, v. 350, n. 3, p. 137-140, 2003.
- ANKER, L. C.; WEERDESTEYN, V.; VAN NES, I. J.; NIENHUIS, B.; STRAATMAN, H.; GEURTS, A. C. The relation between postural stability and weight distribution in healthy subjects. **Gait Posture**, v. 27, n. 3, p. 471-477, 2008.
- ARNOLD, E. M.; WARD, S. R.; LIEBER, R. L.; DELP, S. L. A model of the lower limb for analysis of human movement. **Ann Biomed Eng**, v. 38, n. 2, p. 269-279, 2010.
- ARTIOLI, G. G.; BERTUZZI, R. C.; ROSCHEL, H.; MENDES, S. H.; LANCHI, A. H., JR.; FRANCHINI, E. Determining the contribution of the energy systems during exercise. **J Vis Exp**, n. 61, 2012.
- AUERBACH, B. M.; RUFF, C. B. Limb bone bilateral asymmetry: variability and commonality among modern humans. **J Hum Evol**, v. 50, n. 2, p. 203-218, 2006.
- BARBERO, M.; MERLETTI, R.; RAINOLDI, A. **Atlas of muscle innervation zones: understanding surface electromyography and its applications**. 1st. Milan: Springer, 2012. 142.
- BAUDRY, S.; LECOEVRE, G.; DUCHATEAU, J. Age-related changes in the behavior of the muscle-tendon unit of the gastrocnemius medialis during upright stance. **J Appl Physiol (1985)**, v. 112, n. 2, p. 296-304, 2012.
- BENEDETTI, T. B.; MAZO, Z. G.; BARROS, M. V. G. Aplicação do questionário internacional de atividades físicas para avaliação do nível de atividades físicas de mulheres idosas: validade concorrente e reprodutibilidade teste-reteste. **Rev Bras Ci e Mov**, v. 12, n. 1, p. 10, 2004.
- BLAKE, O. M.; WAKELING, J. M. Estimating changes in metabolic power from EMG. **Springerplus**, v. 2, n. 1, p. 229, 2013.
- BLASZCZYK, J.; LOWE, D.; HANSEN, P. Ranges of postural stability and their changes in the elderly. **Gait & Posture**, v. 2 n. 1, p. 11-17, 1994.

BLASZCZYK, J.; PRINCE, F.; RAICHE, M.; HEBERT, R. Effect of ageing and vision on limb load asymmetry during quiet stance. **J Biomech**, v. 33, n. 10, p. 1243-1248, 2000.

BORG, F.; FINELL, M.; HAKALA, I.; HERRALA, M. Analyzing gastrocnemius EMG-activity and sway data from quiet and perturbed standing. **J Electromyogr Kinesiol**, v. 17, n. 5, p. 622-634, 2007.

BROWN, L. A.; SLEIK, R. J.; POLYCH, M. A.; GAGE, W. H. Is the prioritization of postural control altered in conditions of postural threat in younger and older adults? **J Gerontol A Biol Sci Med Sci**, v. 57, n. 12, p. M785-792, 2002.

CALDWELL, C.; MACDONALD, D.; MACNEIL, K.; MCFARLAND, K.; TURNBULL, G. I.; WALL, J. C. Symmetry of weight distribution in normals and stroke patients using digital weigh scales. **Physiotherapy Practice**, v. 2, p. 109 -116, 1986.

CAVANAGH, P. R.; RODGERS, M. M.; IIBOSHI, A. Pressure distribution under symptom-free feet during barefoot standing. **Foot Ankle**, v. 7, n. 5, p. 262-276, 1987.

CHANG, A. T.; BOOTS, R. J.; BROWN, M. G.; PARATZ, J. D.; HODGES, P. W. Ventilatory changes following head-up tilt and standing in healthy subjects. **Eur J Appl Physiol**, v. 95, n. 5-6, p. 409-417, 2005.

CHENG, P. T.; WU, S. H.; LIAW, M. Y.; WONG, A. M.; TANG, F. T. Symmetrical body-weight distribution training in stroke patients and its effect on fall prevention. **Arch Phys Med Rehabil**, v. 82, n. 12, p. 1650-1654, 2001.

CHRISTIANSEN, C. L.; STEVENS-LAPSLEY, J. E. Weight-bearing asymmetry in relation to measures of impairment and functional mobility for people with knee osteoarthritis. **Arch Phys Med Rehabil**, v. 91, n. 10, p. 1524-1528, 2010.

DANION, F.; LATASH, M. L. **Motor control: theories, experiments and applications**. New York: Oxford Univ. Press., 2011. 511.

DOUMAS, M.; SMOLDERS, C.; KRAMPE, R. T. Task prioritization in aging: effects of sensory information on concurrent posture and memory performance. **Exp Brain Res**, 2008.

DUARTE, M.; HARVEY, W.; ZATSIORSKY, V. M. Stabilographic analysis of unconstrained standing. **Ergonomics**, v. 43, n. 11, p. 1824-1839, 2000.

DUARTE, M.; ZATSIORSKY, V. M. Patterns of center of pressure migration during prolonged unconstrained standing. **Motor Control**, v. 3, n. 1, p. 12-27, 1999.

DUARTE, M.; ZATSIORSKY, V. M. On the fractal properties of natural human standing. **Neurosci Lett**, v. 283, n. 3, p. 173-176, 2000.

EDWARDS, R. H. Hypotheses of peripheral and central mechanisms underlying occupational muscle pain and injury. **Eur J Appl Physiol Occup Physiol**, v. 57, n. 3, p. 275-281, 1988.

ENOKA, R. M.; CHRISTOU, E. A.; HUNTER, S. K.; KORNAZ, K. W.; SEMMLER, J. G.; TAYLOR, A. M.; TRACY, B. L. Mechanisms that contribute to differences in motor performance between young and old adults. **J Electromyogr Kinesiol**, v. 13, n. 1, p. 1-12, 2003.

FREITAS, S. M.; DUARTE, M. Joint coordination in young and older adults during quiet stance: effect of visual feedback of the center of pressure. **Gait Posture**, v. 35, n. 1, p. 83-87, 2012.

FREITAS, S. M.; DUARTE, M.; LATASH, M. L. Two kinematic synergies in voluntary whole-body movements during standing. **J Neurophysiol**, v. 95, n. 2, p. 636-645, 2006.

FREITAS, S. M.; WIECZOREK, S. A.; MARCHETTI, P. H.; DUARTE, M. Age-related changes in human postural control of prolonged standing. **Gait Posture**, v. 22, n. 4, p. 322-330, 2005.

GABBETT, T. J.; WESTON, S. B.; BARRETT, R. S.; GASS, G. C. Cardiovascular regulation during head-up tilt in healthy 20-30-year-old and 70-75-year-old men. **Clin Sci (Lond)**, v. 100, n. 2, p. 199-206, 2001.

GALLAGHER, K. M.; NELSON-WONG, E.; CALLAGHAN, J. P. Do individuals who develop transient low back pain exhibit different postural changes than non-pain developers during prolonged standing? **Gait Posture**, v. 34, n. 4, p. 490-495, 2011.

GENTHON, N.; ROUGIER, P. Influence of an asymmetrical body weight distribution on the control of undisturbed upright stance. **J Biomech**, v. 38, n. 10, p. 2037-2049, 2005.

GILL, J.; ALLUM, J. H.; CARPENTER, M. G.; HELD-ZIOLKOWSKA, M.; ADKIN, A. L.; HONEGGER, F.; PIERCHALA, K. Trunk sway measures of postural stability during clinical balance tests: effects of age. **J Gerontol A Biol Sci Med Sci**, v. 56, n. 7, p. M438-447, 2001.

GUTNIK, B.; LEAVER, J.; STANDEN, C.; LONGLEY, C. Inferred influence of human lateral profile on limb load asymmetry during a quiet standing balance test. **Acta Med Okayama**, v. 62, n. 3, p. 175-184, 2008.

HAKKINEN, K.; KALLINEN, M.; IZQUIERDO, M.; JOKELAINEN, K.; LASSILA, H.; MALKIA, E.; KRAEMER, W. J.; NEWTON, R. U.; ALEN, M. Changes in agonist-antagonist EMG, muscle CSA, and force during strength training in middle-aged and older people. **J Appl Physiol (1985)**, v. 84, n. 4, p. 1341-1349, 1998.

HAKKINEN, K.; KRAEMER, W. J.; NEWTON, R. U.; ALEN, M. Changes in electromyographic activity, muscle fibre and force production characteristics during

heavy resistance/power strength training in middle-aged and older men and women. **Acta Physiol Scand**, v. 171, n. 1, p. 51-62, 2001.

HALLIDAY, S. E.; WINTER, D. A.; FRANK, J. S.; PATLA, A. E.; PRINCE, F. The initiation of gait in young, elderly, and Parkinson's disease subjects. **Gait Posture**, v. 8, n. 1, p. 8-14, 1998.

HAUER, K.; PFISTERER, M.; WEBER, C.; WEZLER, N.; KLIEGEL, M.; OSTER, P. Cognitive impairment decreases postural control during dual tasks in geriatric patients with a history of severe falls. **J Am Geriatr Soc**, v. 51, n. 11, p. 1638-1644, 2003.

HELLEBRANDT, F. A.; BROGDON, E.; TEPPER, R. H. Posture and its cost. **Am J Physiol**, v. 129, n. 3, p. 773-781, 1940.

HELLEBRANDT, F. A.; NELSON, B. G.; LARSEN, E. M. The eccentricity of standing and its cause. **Am J Physiol**, v. 140, p. 7, 1943.

HELLEBRANDT, F. A.; TEPPER, R. H.; BRAUN, G. L.; ELLIOTT, M. C. The location of the cardinal anatomical orientation planes passing through the center of weight in young adult women. **Am J Physiol**, v. 121, p. 6, 1938.

HORAK, F. B.; MACPHERSON, J. M. Postural Orientation and Equilibrium. In: ROWELL, L. B. e SHEPHERD, J. T. (Ed.). **Exercise: regulation and integration of multiple systems**. New York: Published for the American Physiological Society by Oxford University Press, 1996. p.255-292. (Handbook of physiology ; section 12).

HORAK, F. B.; SHUPERT, C. L.; MIRKA, A. Components of postural dyscontrol in the elderly: a review. **Neurobiol Aging**, v. 10, n. 6, p. 727-738, 1989.

HORTOBAGYI, T.; DEVITA, P. Muscle pre- and coactivity during downward stepping are associated with leg stiffness in aging. **J Electromyogr Kinesiol**, v. 10, n. 2, p. 117-126, 2000.

HORTOBAGYI, T.; SOLNIK, S.; GRUBER, A.; RIDER, P.; STEINWEG, K.; HELSETH, J.; DEVITA, P. Interaction between age and gait velocity in the amplitude and timing of antagonist muscle coactivation. **Gait Posture**, v. 29, n. 4, p. 558-564, 2009.

HOUDIJK, H.; FICKERT, R.; VAN VELZEN, J.; VAN BENNEKOM, C. The energy cost for balance control during upright standing. **Gait Posture**, v. 30, n. 2, p. 150-154, 2009a.

HOUDIJK, H.; POLLMANN, E.; GROENEWOLD, M.; WIGGERTS, H.; POLOMSKI, W. The energy cost for the step-to-step transition in amputee walking. **Gait Posture**, v. 30, n. 1, p. 35-40, 2009b.

HOUDIJK, H.; TER HOEVE, N.; NOOIJEN, C.; RIJNTJES, D.; TOLSMA, M.; LAMOTH, C. Energy expenditure of stroke patients during postural control tasks. **Gait Posture**, v. 32, n. 3, p. 321-326, 2010.

HUNT, B. E.; FARQUHAR, W. B.; TAYLOR, J. A. Does reduced vascular stiffening fully explain preserved cardiovascular baroreflex function in older, physically active men? **Circulation**, v. 103, n. 20, p. 2424-2427, 2001.

HUNTER, M. C.; HOFFMAN, M. A. Postural control: visual and cognitive manipulations. **Gait Posture**, v. 13, n. 1, p. 41-48, 2001.

HUXHOLD, O.; LI, S. C.; SCHMIEDEK, F.; LINDENBERGER, U. Dual-tasking postural control: aging and the effects of cognitive demand in conjunction with focus of attention. **Brain Res Bull**, v. 69, n. 3, p. 294-305, 2006.

IKEDA, E. R.; SCHENKMAN, M. L.; RILEY, P. O.; HODGE, W. A. Influence of age on dynamics of rising from a chair. **Phys Ther**, v. 71, n. 6, p. 473-481, 1991.

JAMMES, Y.; CAQUELARD, F.; BADIER, M. Correlation between surface electromyogram, oxygen uptake and blood lactate concentration during dynamic leg exercises. **Respir Physiol**, v. 112, n. 2, p. 167-174, 1998.

JONES, A. Y.; DEAN, E. Body position change and its effect on hemodynamic and metabolic status. **Heart Lung**, v. 33, n. 5, p. 281-290, 2004.

JONSSON, E.; HENRIKSSON, M.; HIRSCHFELD, H. Age-related differences in postural adjustments in connection with different tasks involving weight transfer while standing. **Gait Posture**, v. 26, n. 4, p. 508-515, 2007.

JONSSON, E.; SEIGER, A.; HIRSCHFELD, H. Postural steadiness and weight distribution during tandem stance in healthy young and elderly adults. **Clin Biomech (Bristol, Avon)**, v. 20, n. 2, p. 202-208, 2005.

JOSEPH, J.; WILLIAMS, P. L. Electromyography of certain hip muscles. **J Anat**, v. 91, n. 2, p. 286-294, 1957.

KANADE, A. N.; GOKHALE, M. K.; RAO, S. Energy costs of standard activities among Indian adults. **Eur J Clin Nutr**, v. 55, n. 8, p. 708-713, 2001.

KIM, S.; LOCKHART, T.; ROBERTO, K. The effects of 8-week balance training or weight training: For the elderly on fear of falling measures and social activity levels. **Qual Ageing**, v. 10, n. 4, p. 37-48, 2009.

KING, A. C.; WANG, Z.; NEWELL, K. M. Asymmetry of recurrent dynamics as a function of postural stance. **Exp Brain Res**, v. 220, n. 3-4, p. 239-250, 2012.

KLEIN, C. S.; PETERSON, L. B.; FERRELL, S.; THOMAS, C. K. Sensitivity of 24-h EMG duration and intensity in the human vastus lateralis muscle to threshold changes. **J Appl Physiol (1985)**, v. 108, n. 3, p. 655-661, 2010.

KRAEMER, W. J.; VOLEK, J. S.; BUSH, J. A.; GOTSHALK, L. A.; WAGNER, P. R.; GOMEZ, A. L.; ZATSIORSKY, V. M.; DUARTE, M.; RATAMESS, N. A.; MAZZETTI, S. A.; SELLE, B. J. Influence of compression hosiery on physiological responses to

standing fatigue in women. **Med Sci Sports Exerc**, v. 32, n. 11, p. 1849-1858, 2000a.

KRAEMER, W. J.; VOLEK, J. S.; BUSH, J. A.; GOTSHALK, L. A.; WAGNER, P. R.; GOMEZ, A. L.; ZATSIORSKY, V. M.; DUARTE, M.; RATAMESS, N. A.; MAZZETTI, S. A.; SELLE, B. J.; DUZARTE, M. Influence of compression hosiery on physiological responses to standing fatigue in women. **Med Sci Sports Exerc**, v. 32, n. 11, p. 1849-1858, 2000b.

LAFOND, D.; CHAMPAGNE, A.; DESCARREAUX, M.; DUBOIS, J. D.; PRADO, J. M.; DUARTE, M. Postural control during prolonged standing in persons with chronic low back pain. **Gait Posture**, v. 29, n. 3, p. 421-427, 2009.

LAUGHTON, C. A.; SLAVIN, M.; KATDARE, K.; NOLAN, L.; BEAN, J. F.; KERRIGAN, D. C.; PHILLIPS, E.; LIPSITZ, L. A.; COLLINS, J. J. Aging, muscle activity, and balance control: physiologic changes associated with balance impairment. **Gait Posture**, v. 18, n. 2, p. 101-108, 2003.

LAY, B. S.; SPARROW, W. A.; HUGHES, K. M.; O'DWYER, N. J. Practice effects on coordination and control, metabolic energy expenditure, and muscle activation. **Hum Mov Sci**, v. 21(5-6), p. 807-830, 2002.

LEVINE, J. A.; SCHLEUSNER, S. J.; JENSEN, M. D. Energy expenditure of nonexercise activity. **Am J Clin Nutr**, v. 72, n. 6, p. 1451-1454, 2000.

LONGET, F. A. **Traité de physiologie**. Paris: 1861. <http://ada-posturologie.fr/Longet1861-a.htm>.

MACALUSO, A.; NIMMO, M. A.; FOSTER, J. E.; COCKBURN, M.; MCMILLAN, N. C.; DE VITO, G. Contractile muscle volume and agonist-antagonist coactivation account for differences in torque between young and older women. **Muscle Nerve**, v. 25, n. 6, p. 858-863, 2002.

MADELEINE, P.; VOIGT, M.; ARENDT-NIELSEN, L. Subjective, physiological and biomechanical responses to prolonged manual work performed standing on hard and soft surfaces. **Eur J Appl Physiol Occup Physiol**, v. 77, n. 1-2, p. 1-9, 1998.

MANSFIELD, A.; DANELLS, C. J.; ZETTEL, J. L.; BLACK, S. E.; MCILROY, W. E. Determinants and consequences for standing balance of spontaneous weight-bearing on the paretic side among individuals with chronic stroke. **Gait Posture**, v. 38, n. 3, p. 428-432, 2013.

MARIGOLD, D. S.; ENG, J. J. The relationship of asymmetric weight-bearing with postural sway and visual reliance in stroke. **Gait Posture**, v. 23, n. 2, p. 249-255, 2006.

MATHESON, A. J.; DARLINGTON, C. L.; SMITH, P. F. Further evidence for age-related deficits in human postural function. **J Vestib Res**, v. 9, n. 4, p. 261-264, 1999.

MAZO, Z. G.; BENEDETTI, T. R. B. Adaptação do questionário internacional de atividade física para idosos. **Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum**, v. 12, n. 6, p. 5, 2010.

MELZER, I.; BENJUYA, N.; KAPLANSKI, J. Age-related changes of postural control: effect of cognitive tasks. **Gerontology**, v. 47, n. 4, p. 189-194, 2001.

MEZZARANE, R. A.; KOHN, A. F. Control of upright stance over inclined surfaces. **Exp Brain Res**, v. 180, n. 2, p. 377-388, 2007.

MIAN, O. S.; THOM, J. M.; ARDIGO, L. P.; NARICI, M. V.; MINETTI, A. E. Metabolic cost, mechanical work, and efficiency during walking in young and older men. **Acta Physiol (Oxf)**, v. 186, n. 2, p. 127-139, 2006.

MILES-CHAN, J. L.; SARAFIAN, D.; MONTANI, J. P.; SCHUTZ, Y.; DULLOO, A. Heterogeneity in the energy cost of posture maintenance during standing relative to sitting: phenotyping according to magnitude and time-course. **PLoS One**, v. 8, n. 5, p. e65827, 2013.

MILES-CHAN, J. L.; SARAFIAN, D.; MONTANI, J. P.; SCHUTZ, Y.; DULLOO, A. G. Sitting comfortably versus lying down: is there really a difference in energy expenditure? **Clin Nutr**, v. 33, n. 1, p. 175-178, 2014.

MORINI, S.; BASSI, A.; CERULLI, C.; MARINOZZI, A.; RIPANI, M. Hip and knee joints flexibility in young and elderly people: effect of physical activity in the elderly. **Biology of Sport**, v. 21, n. 1, p. 13, 2004.

MURRAY, M. P.; PETERSON, R. M. Weight distribution and weight-shifting activity during normal standing posture. **Phys Ther**, v. 53, n. 7, p. 741-748, 1973.

NAGAI, K.; YAMADA, M.; UEMURA, K.; YAMADA, Y.; ICHIHASHI, N.; TSUBOYAMA, T. Differences in muscle coactivation during postural control between healthy older and young adults. **Arch Gerontol Geriatr**, v. 53, n. 3, p. 338-343, 2011.

NEJC, S.; JERNEJ, R.; LOEFLER, S.; KERN, H. Sensitivity of body sway parameters during quiet standing to manipulation of support surface size. **Journal of Sports Science and Medicine**, v. 9, p. 431-438, 2010.

NEPI, M.; BINI, L.; BIANCHI, L.; PUGLIA, M.; ABATE, M.; CAI, G. Xylan-degrading enzymes in male and female flower nectar of Cucurbita pepo. **Ann Bot**, v. 108, n. 3, p. 521-527, 2011.

NETO, J. E. Contribuição dos grandes vasos arteriais na adaptação cardiovascular a ortostase. **Arq Bras Cardiol**, v. 87, n. 2, p. 13, 2006.

ONAMBELE, G. L.; NARICI, M. V.; MAGANARIS, C. N. Calf muscle-tendon properties and postural balance in old age. **J Appl Physiol (1985)**, v. 100, n. 6, p. 2048-2056, 2006.

OYELAMI-ADELEYE, I.; ABATE, M. A.; BLOMMEL, M. L. Pharmacy patrons 'awareness of pharmacists' education and routine patient care responsibilities. **J Pharm Pharm Sci**, v. 14, n. 3, p. 306-314, 2011.

PEREIRA, L. C.; BOTELHO, A. C.; MARTINS, E. F. Relationships between body symmetry during weight-bearing and functional reach among chronic hemiparetic patients. **Rev Bras Fisioter**, v. 14, n. 3, p. 229-266, 2010.

PEREIRA, M. P.; GONCALVES, M. Muscular coactivation (CA) around the knee reduces power production in elderly women. **Arch Gerontol Geriatr**, v. 52, n. 3, p. 317-321, 2011.

PETERSON, D. S.; MARTIN, P. E. Effects of age and walking speed on coactivation and cost of walking in healthy adults. **Gait Posture**, v. 31, n. 3, p. 355-359, 2010.

PRAAGMAN, M.; CHADWICK, E. K.; VAN DER HELM, F. C.; VEEGER, H. E. The relationship between two different mechanical cost functions and muscle oxygen consumption. **J Biomech**, v. 39, n. 4, p. 758-765, 2006.

PRAAGMAN, M.; VEEGER, H. E.; CHADWICK, E. K.; COLIER, W. N.; VAN DER HELM, F. C. Muscle oxygen consumption, determined by NIRS, in relation to external force and EMG. **J Biomech**, v. 36, n. 7, p. 905-912, 2003.

PRADO, J. M.; DINATO, M. C.; DUARTE, M. Age-related difference on weight transfer during unconstrained standing. **Gait Posture**, v. 33, n. 1, p. 93-97, 2011.

PRADO, J. M.; STOFFREGEN, T. A.; DUARTE, M. Postural Sway during Dual Tasks in Young and Elderly Adults. **Gerontology**, v. 53, n. 5, p. 274-281, 2007.

REEVES, N. D.; NARICI, M. V.; MAGANARIS, C. N. Strength training alters the viscoelastic properties of tendons in elderly humans. **Muscle Nerve**, v. 28, n. 1, p. 74-81, 2003.

RESCH, J. E.; MAY, B.; TOMPOROWSKI, P. D.; FERRARA, M. S. Balance performance with a cognitive task: a continuation of the dual-task testing paradigm. **J Athl Train**, v. 46, n. 2, p. 170-175, 2011.

REYNOLDS, E.; LOVETT, R. W. A method of determining the position of the center of gravity in its relation to certain bony landmarks in the erect position. **Am J Physiol**, v. 24, p. 8, 1909.

ROUGIER, P. R. Relative contribution of the pressure variations under the feet and body weight distribution over both legs in the control of upright stance. **J Biomech**, v. 40, n. 11, p. 2477-2482, 2007.

ROUGIER, P. R.; GENTHON, N. Dynamical assessment of weight-bearing asymmetry during upright quiet stance in humans. **Gait Posture**, v. 29, n. 3, p. 437-443, 2009.

RUBINI, A.; PAOLI, A.; PARMAGNANI, A. Body metabolic rate and electromyographic activities of antigravitational muscles in supine and standing postures. **Eur J Appl Physiol**, v. 112, n. 6, p. 2045-2050, 2012.

RYS, M.; KONZ, S. Standing. **Ergonomics**, v. 37, n. 4, p. 676-687, 1994.

SACKLEY, C. M. Falls, sway, and symmetry of weight-bearing after stroke. **Int Disabil Stud**, v. 13, n. 1, p. 1-4, 1991.

SACKLEY, C. M.; LINCOLN, N. B. Weight distribution and postural sway in healthy adults. **Clinical Rehabilitation**, v. 5, p. 181-186, 1991.

SAHA, D.; GARD, S.; FATONE, S.; ONDRA, S. The effect of trunk-flexed postures on balance and metabolic energy expenditure during standing. **Spine (Phila Pa 1976)**, v. 32, n. 15, p. 1605-1611, 2007.

SCHMITZ, A.; SILDER, A.; HEIDERSCHEIT, B.; MAHONEY, J.; THELEN, D. G. Differences in lower-extremity muscular activation during walking between healthy older and young adults. **J Electromyogr Kinesiol**, v. 19, n. 6, p. 1085-1091, 2009.

SHELDON, J. H. The effect of age on the control of sway. **Gerontol. Clin.**, v. 5, p. 129-138, 1963.

SMITH, L. K.; LELAS, J. L.; KERRIGAN, D. C. Gender differences in pelvic motions and center of mass displacement during walking: stereotypes quantified. **J Womens Health Gen Based Med**, v. 11, n. 5, p. 453-458, 2002.

SPARROW, W. A.; NEWELL, K. M. Metabolic energy expenditure and the regulation of movement economy. **Psycho Bull Rev**, v. 5, n. 2, 1998.

STOFFREGEN, T. A.; PAGULAYAN, R. J.; BARDY, B. G.; HETTINGER, L. J. Modulating postural control to facilitate visual performance. **Human Movement Science**, v. 19, p. 203-220, 2000.

TEASDALE, N.; SIMONEAU, M. Attentional demands for postural control: the effects of aging and sensory reintegration. **Gait Posture**, v. 14, n. 3, p. 203-210, 2001.

TEPPER, R. H.; HELLEBRANDT, F. A. The influence of the upright posture on the metabolic rate. **American Journal of Physiology**, v. 122, p. 563-568, 1938.

TERMOZ, N.; HALLIDAY, S. E.; WINTER, D. A.; FRANK, J. S.; PATLA, A. E.; PRINCE, F. The control of upright stance in young, elderly and persons with Parkinson's disease. **Gait Posture**, v. 27, n. 3, p. 463-470, 2008.

TIKKANEN, O.; HAAKANA, P.; PESOLA, A. J.; HAKKINEN, K.; RANTALAINEN, T.; HAVU, M.; PULLINEN, T.; FINNI, T. Muscle activity and inactivity periods during normal daily life. **PLoS One**, v. 8, n. 1, p. e52228, 2013.

TIKKANEN, O.; KA, R. S.; HAAKANA, P.; KALLINEN, M.; PULLINEN, T.; FINNI, T. EMG, Heart Rate, and Accelerometer as Estimators of Energy Expenditure in Locomotion. **Med Sci Sports Exerc**, v. 46, n. 9, p. 1831-1839, 2014.

TRACY, B. L.; MALUF, K. S.; STEPHENSON, J. L.; HUNTER, S. K.; ENOKA, R. M. Variability of motor unit discharge and force fluctuations across a range of muscle forces in older adults. **Muscle Nerve**, v. 32, n. 4, p. 533-540, 2005.

TSANG, W. W.; LAM, N. K.; LAU, K. N.; LEUNG, H. C.; TSANG, C. M.; LU, X. The effects of aging on postural control and selective attention when stepping down while performing a concurrent auditory response task. **Eur J Appl Physiol**, v. 113, n. 12, p. 3021-3026, 2013.

TSURUMI, K.; ITANI, T.; TACHI, N.; TAKANISHI, T.; SUZUMURA, H.; TAKEYAMA, H. Estimation of energy expenditure during sedentary work with upper limb movement. **J Occup Health**, v. 44, p. 408-413, 2002.

VAILLANCOURT, D. E.; LARSSON, L.; NEWELL, K. M. Effects of aging on force variability, single motor unit discharge patterns, and the structure of 10, 20, and 40 Hz EMG activity. **Neurobiol Aging**, v. 24, n. 1, p. 25-35, 2003.

VAILLANCOURT, D. E.; NEWELL, K. M. Aging and the time and frequency structure of force output variability. **J Appl Physiol (1985)**, v. 94, n. 3, p. 903-912, 2003.

VANDERPOOL, M. T.; COLLINS, S. H.; KUO, A. D. Ankle fixation need not increase the energetic cost of human walking. **Gait Posture**, v. 28, n. 3, p. 427-433, 2008.

VIERORDT, K. **Physiologie des menschen**. German: 1877. <http://ada-posturologie.fr/VierordtDebout-a.htm>.

VUILLERME, N.; BURDET, C.; ISABLEU, B.; DEMETZ, S. The magnitude of the effect of calf muscles fatigue on postural control during bipedal quiet standing with vision depends on the eye-visual target distance. **Gait Posture**, v. 24, n. 2, p. 169-172, 2006.

WANG, Z.; MOLENAAR, P. C.; NEWELL, K. M. The effects of foot position and orientation on inter- and intra-foot coordination in standing postures: a frequency domain PCA analysis. **Exp Brain Res**, v. 230, n. 1, p. 15-27, 2013.

WARD, S. R.; ENG, C. M.; SMALLWOOD, L. H.; LIEBER, R. L. Are current measurements of lower extremity muscle architecture accurate? **Clin Orthop Relat Res**, v. 467, n. 4, p. 1074-1082, 2009.

WATSON, J. C.; PAYNE, R. C.; CHAMBERLAIN, A. T.; JONES, R. K.; SELLERS, W. I. The energetic costs of load-carrying and the evolution of bipedalism. **J Hum Evol**, v. 54, n. 5, p. 675-683, 2008.

WERT, D. M.; BRACH, J.; PERERA, S.; VANSWEARINGEN, J. M. Gait biomechanics, spatial and temporal characteristics, and the energy cost of walking in older adults with impaired mobility. **Phys Ther**, v. 90, n. 7, p. 977-985, 2010.

WHISTANCE, R. S.; ADAMS, L. P.; VAN GEEMS, B. A.; BRIDGER, R. S. Postural adaptations to workbench modifications in standing workers. **Ergonomics**, v. 38, n. 12, p. 2485-2503, 1995.

WIELING, W.; VEERMAN, D. P.; DAMBRINK, J. H.; IMHOLZ, B. P. Disparities in circulatory adjustment to standing between young and elderly subjects explained by pulse contour analysis. **Clin Sci (Lond)**, v. 83, n. 2, p. 149-155, 1992.

WINTER, D. A. Human balance and posture control during standing and walking. **Gait Posture**, v. 3, p. 193-214, 1995.

WINTER, D. A.; PATLA, A. E.; ISHAC, M.; GAGE, W. H. Motor mechanisms of balance during quiet standing. **J Electromyogr Kinesiol**, v. 13, n. 1, p. 49-56, 2003.

WINTER, D. A.; PRINCE, F.; FRANK, J. S.; POWELL, C.; ZABJEK, K. F. Unified theory regarding A/P and M/L balance in quiet stance. **J Neurophysiol**, v. 75, n. 6, p. 2334-2343, 1996.

ZHANG, L.; DRURY, C. G.; WOOLEY, S. M. Constrained standing: evaluating the foot/floor interface. **Ergonomics**, v. 34, p. 175-192, 1991.

## ANEXOS

### ANEXO I – Ficha de anamnese

#### DADOS CADASTRAIS

Nome: \_\_\_\_\_ Data de nascimento: \_\_\_\_\_  
 Endereço: \_\_\_\_\_  
 Cidade: \_\_\_\_\_ CEP: \_\_\_\_\_  
 Telefone: (\_\_\_\_) \_\_\_\_\_ Telefone para recado: (\_\_\_\_) \_\_\_\_\_  
 Moro com \_\_\_\_\_ pessoas  
 Nome do médico: \_\_\_\_\_  
 Telefone: (\_\_\_\_) \_\_\_\_\_ DATA: \_\_\_\_\_ HORA: \_\_\_\_\_  
 Preferência pedal: \_\_\_\_\_

#### ANAMNESE CLÍNICA

Problemas de Saúde	Sim	Não	Observações
Pressão arterial alta			
Pressão arterial baixa			
Problema cardíaco			
Marca-passo			
Colesterol alto			
Triglicérides alto			
Diabetes			
Osteoporose			
Artrite			
Artrose			
Tendinite			
Problema muscular			
Desvio na cervical			
Torácica			
Lombar			
Deficiência auditiva			
Aparelho auditivo			
Deficiência visual			
Óculos ou lentes			
Doença Neurológica			
Crises convulsivas			
Deficiência física			
Ortese			
Prótese			

Labirintite				
Outros				
Sintomas	Sim	Não	Frequência	Observações
Dores de cabeça				
Tonturas				
Vertigens				
Nistagmo				
Dor muscular				
Fraqueza muscular				
Fraqueza generalizada				
Enrijecimento articular				
Dor na coluna cervical				
Torácica				
Lombar				
Outros				

#### Medicamentos

Usa medicamentos regularmente: ( ) Sim ( ) Não

Tipos	Sim	Não	Posologia	Observações
Anti-depressivo				
Diurético				
Hormônio				
Calmante				
Analgésico				
Estimulante				
Anti-inflamatório				
Outros				

#### Hábitos Comuns

Hábito	Sim	Não	Tipo	Quanto
Tabagismo				
Bebida alcoólica				
Calçado mais utilizado				
Outros				

#### HISTÓRIA DE QUEDAS

Característica	Sim	Não	Frequência	Como
Dificuldade para realizar movimentos rápidos				
Dificuldade de equilibrar-se				
Perde equilíbrio facilmente				
Tropeça facilmente				
Sente alguma coisa quando se levanta rapidamente				
Dificuldade para sentir a forma, textura, temperatura de objetos (pés)				
Sofre quedas				
Sente tontura durante a queda				
Quando ocorreu a queda mais recente				
Sofreu fraturas				
Outras lesões				

Fez cirurgia				
Outros				

\_\_\_\_\_  
Data

\_\_\_\_\_  
Assinatura

## ANEXO II – Questionário IPAQ (adultos)

### QUESTIONÁRIO INTERNACIONAL DE ATIVIDADE FÍSICA

Data: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

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

Idade : \_\_\_\_\_ Sexo: ( )F ( )M

Você trabalha de forma remunerada: ( ) Sim ( ) Não

Quantas horas você trabalha de forma remunerada por dia: \_\_\_\_\_

OBS.: O trabalho voluntário é desempenhado por pessoas dispostas a doar parte do seu tempo e de suas habilidades no trabalho por uma causa social e para entidades que necessitam deste tipo de trabalho. Ele não é remunerado.

Você faz trabalho voluntário: ( ) Sim ( ) Não

Que tipo? \_\_\_\_\_

Quantas horas semanais você trabalha de forma voluntária? \_\_\_\_\_

Em geral, você considera sua saúde:

( ) Excelente ( ) Muito boa ( ) Boa ( ) Regular ( ) Ruim

Quantos anos completos você estudou: \_\_\_\_\_

As perguntas estão relacionadas ao tempo que você gasta fazendo atividade física em uma semana  
**NORMAL/HABITUAL**

Para responder as questões lembre que:

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

#### SEÇÃO 1- ATIVIDADE FÍSICA NO TRABALHO

Esta seção inclui as atividades que você faz no seu trabalho remunerado ou voluntário, e as atividades na universidade, faculdade ou escola (trabalho intelectual). Você **NÃO DEVE INCLUIR** as tarefas domésticas, cuidar do jardim e da casa ou tomar conta da sua família. Estas serão incluídas na seção 3.

1 a. Atualmente você tem ocupação remunerada ou faz trabalho voluntário fora de sua casa?

( ) Sim ( ) Não – Caso você responda não. Vá para seção 2: Transporte

As próximas questões relacionam-se com toda a atividade física que você faz em uma semana **NORMAL/HABITUAL**, como parte do seu trabalho remunerado ou voluntário. **NÃO INCLUA** o transporte para o trabalho. Pense apenas naquelas atividades que durem **pele menos 10 minutos contínuos** dentro de seu trabalho:

1b. Quantos dias e qual o tempo (horas e minutos) durante uma semana normal você realiza atividades vigorosas como: trabalho de construção pesada, levantar e transportar objetos pesados, cortar lenha, serrar madeira, cortar grama, pintar casa, cavar valas ou buracos como parte do seu trabalho remunerado ou voluntário, por **pele menos 10 minutos contínuos**?

dias por SEMANA ( ) Nenhum. Vá para a questão 1c. \_\_\_\_\_ horas \_\_\_\_\_ minutos

DIA DA SEMANA	TEMPO HORAS/MIN.	DIA DA SEMANA	TEMPO HORAS/MIN.
2ª-feira		6ª-feira	
3ª-feira		Sábado	
4ª-feira		Domingo	
5ª-feira		xxxxx	xxxxxxx

1c. Quantos dias e qual o tempo (horas e minutos) durante uma semana normal você realiza atividades moderadas, como: levantar e transportar pequenos objetos, lavar roupas com as mãos, limpar vidros, varrer ou limpar o chão, carregar crianças no colo, como parte do seu trabalho remunerado ou voluntário, por pelo menos 10 minutos contínuos?

\_\_\_\_\_ dias por SEMANA ( ) Nenhum. Vá para a questão 1d \_\_\_\_\_ horas \_\_\_\_\_ minutos

DIA DA SEMANA	TEMPO HORAS/MIN.	DIA DA SEMANA	TEMPO HORAS/MIN.
2ª-feira		6ª-feira	
3ª-feira		Sábado	
4ª-feira		Domingo	
5ª-feira		XXXXX	XXXXX

1d. Quantos dias e qual o tempo (horas e minutos) durante uma semana normal você caminha, no seu trabalho remunerado ou voluntário por pelo menos 10 minutos contínuos? Por favor, NÃO INCLUA o caminhar como forma de transporte para ir ou voltar do trabalho ou do local que você é voluntário.

\_\_\_\_\_ dias por SEMANA ( ) Nenhum. Vá para a seção 2 - Transporte. \_\_\_\_\_ horas \_\_\_\_\_ minutos

DIA DA SEMANA	TEMPO HORAS/MIN.	DIA DA SEMANA	TEMPO HORAS/MIN.
2ª-feira		6ª-feira	
3ª-feira		Sábado	
4ª-feira		Domingo	
5ª-feira		xxxxx	

1e. Quando você caminha como parte do seu trabalho remunerado ou voluntário, a que passo você geralmente anda? (reforçar o que é vigoroso e moderado)

( ) rápido/vigoroso ( ) moderado ( ) lento

## SEÇÃO 2 - ATIVIDADE FÍSICA COMO MEIO DE TRANSPORTE

Estas questões se referem a forma normal como você se desloca de um lugar para outro, incluindo seu grupo de convivência/ idosos, igreja, supermercado, trabalho, médico, escola, cinema, lojas e outros.

2a. Quantos dias e qual o tempo (horas e minutos) durante **uma semana normal** você anda de ônibus, carro/moto, metrô ou trem?

\_\_\_\_\_ dias por SEMANA ( ) Nenhum. Vá para questão 2b \_\_\_\_\_ horas \_\_\_\_\_ minutos

DIA DA SEMANA	TEMPO HORAS/MIN.	DIA DA SEMANA	TEMPO HORAS/MIN.
2ª-feira		6ª-feira	
3ª-feira		Sábado	
4ª-feira		Domingo	
5ª-feira		xxxxx	

Agora pense somente em relação a caminhar ou pedalar para ir de um lugar a outro em uma semana normal.

2b. Quantos dias e qual o tempo (horas e minutos) durante uma semana normal você anda de bicicleta para ir de um lugar para outro por pelo menos 10 minutos contínuos? (NÃO INCLUA o pedalar por lazer ou exercício)

\_\_\_\_\_ dias por SEMANA ( ) Nenhum. Vá para a questão 2d. \_\_\_\_\_ horas \_\_\_\_\_ minutos

DIA DA SEMANA	TEMPO HORAS/MIN.	DIA DA SEMANA	TEMPO HORAS/MIN.
2ª-feira		6ª-feira	
3ª-feira		Sábado	
4ª-feira		Domingo	
5ª-feira		xxxxx	

2c. Quando você anda de bicicleta, a que velocidade você costuma pedalar?

( ) rápida/vigorosa ( ) moderada ( ) lenta

2d. Quantos dias e qual o tempo (horas e minutos) durante uma semana normal você caminha para ir de um lugar para outro, como: ir ao grupo de convivência/idosos, igreja, supermercado, médico, banco, visita a amigo, vizinho e parentes por **pelo menos 10 minutos contínuos**? (NÃO inclua as caminhadas por lazer ou exercício)

\_\_\_\_\_ dias por SEMANA ( ) Nenhum. Vá para a Seção 3. \_\_\_\_\_ horas \_\_\_\_\_ minutos

DIA DA SEMANA	TEMPO HORAS/MIN.	DIA DA SEMANA	TEMPO HORAS/MIN.
2ª-feira		6ª-feira	
3ª-feira		Sábado	
4ª-feira		Domingo	
5ª-feira		xxxxx	

2e. Quando você caminha para ir de um lugar a outro, a que passo você normalmente anda?

( ) rápido/vigoroso ( ) moderado ( ) lento

### SEÇÃO 3 – ATIVIDADE FÍSICA EM CASA OU APARTAMENTO: TRABALHO, TAREFAS DOMÉSTICAS E CUIDAR DA FAMÍLIA

Esta parte inclui as atividades físicas que você faz em uma semana NORMAL/HABITUAL dentro e ao redor da sua casa ou apartamento. Por exemplo: trabalho doméstico, cuidar do jardim, cuidar do quintal, trabalho de manutenção da casa, e para cuidar da sua família. Novamente pense *somente* naquelas atividades físicas com duração por pelo menos 10 minutos contínuos.

3a. Quantos dias e qual o tempo (horas e minutos) durante uma semana normal você faz atividades físicas vigorosas ao redor de sua casa ou apartamento (quintal ou jardim) como: carpir, cortar lenha, serrar madeira, pintar casa, levantar e transportar objetos pesados, cortar grama, por **pelo menos 10 minutos contínuos**?

\_\_\_\_\_ dias por SEMANA ( ) Nenhum. Vá para a questão 3b \_\_\_\_\_ horas \_\_\_\_\_ minutos

DIA DA SEMANA	TEMPO HORAS/MIN.	DIA DA SEMANA	TEMPO HORAS/MIN.
2ª-feira		6ª-feira	
3ª-feira		Sábado	
4ª-feira		Domingo	
5ª-feira		xxxxx	

3b. Quantos dias e qual o tempo (horas e minutos) durante uma semana normal você faz atividades moderadas ao redor de sua casa ou apartamento (jardim ou quintal) como: levantar e carregar pequenos objetos, limpar a garagem, serviço de jardinagem em geral, caminhar ou correr com crianças, por **pelo menos 10 minutos contínuos**?

\_\_\_\_\_ dias por SEMANA ( ) Nenhum. Vá para questão 3c. \_\_\_\_\_ horas \_\_\_\_\_ minutos

DIA DA SEMANA	TEMPO HORAS/MIN.	DIA DA SEMANA	TEMPO HORAS/MIN.
2ª-feira		6ª-feira	
3ª-feira		Sábado	
4ª-feira		Domingo	
5ª-feira		xxxxx	

3c. Quantos dias e qual o tempo (horas e minutos) durante uma semana normal você faz atividades moderadas como: carregar pesos leves, limpar vidros e/ou janelas, lavar roupas a mão, limpar banheiro e o chão, carregar crianças pequenas no colo, dentro da sua casa ou apartamento, por pelo menos 10 minutos contínuos?

\_\_\_\_\_ dias por SEMANA ( ) Nenhum. Vá para seção 4 \_\_\_\_\_ horas \_\_\_\_\_ minutos

DIA DA SEMANA	TEMPO HORAS/MIN.	DIA DA SEMANA	TEMPO HORAS/MIN.
2ª-feira		6ª-feira	
3ª-feira		Sábado	
4ª-feira		Domingo	
5ª-feira		xxxxx	

#### SEÇÃO 4- ATIVIDADES FÍSICAS DE RECREAÇÃO, ESPORTE, EXERCÍCIO E DE LAZER

Esta seção se refere às atividades físicas que você faz em uma semana NORMAL/HABITUAL unicamente por recreação, esporte, exercício ou lazer. Novamente pense somente nas atividades físicas que você faz por pelo menos 10 minutos contínuos. Por favor NÃO inclua atividades que você já tenha citado.

4a. Sem contar qualquer caminhada que você tenha citado anteriormente, quantos dias e qual o tempo (horas e minutos) durante uma semana normal, você caminha no seu tempo livre por pelo menos 10 minutos contínuos?

\_\_\_\_\_ dias por SEMANA ( ) Nenhum. Vá para questão 4c \_\_\_\_\_ horas \_\_\_\_\_ minutos

DIA DA SEMANA	TEMPO HORAS/MIN.	DIA DA SEMANA	TEMPO HORAS/MIN.
2ª-feira		6ª-feira	
3ª-feira		Sábado	
4ª-feira		Domingo	
5ª-feira		xxxxx	

4b. Quando você caminha no seu tempo livre, a que passo você normalmente anda?

( ) rápido/vigoroso ( ) moderado ( ) lento

4c. Quantos dias e qual o tempo (horas e minutos) durante uma semana normal, você faz atividades vigorosas no seu tempo livre como: correr, nadar rápido, pedalar rápido, canoagem, remo, musculação, enfim esportes em geral por pelo menos 10 minutos contínuos?

\_\_\_\_\_ dias por SEMANA ( ) Nenhum. Vá para questão 4d \_\_\_\_\_ horas \_\_\_\_\_ minutos

DIA DA SEMANA	TEMPO HORAS/MIN.	DIA DA SEMANA	TEMPO HORAS/MIN.
2ª-feira		6ª-feira	
3ª-feira		Sábado	
4ª-feira		Domingo	
5ª-feira		xxxxx	

4d. Quantos dias e qual o tempo (horas e minutos) durante uma semana normal, você faz atividades moderadas no seu tempo livre como: pedalar em ritmo moderado, jogar voleibol recreativo, fazer natação, hidroginástica, ginástica e dança para terceira idade por **peelo menos 10 minutos contínuos**?  
 \_\_\_\_\_ dias por SEMANA ( ) Nenhum. Vá para seção 5 \_\_\_\_\_ horas \_\_\_\_\_ minutos

DIA DA SEMANA	TEMPO HORAS/MIN.	DIA DA SEMANA	TEMPO HORAS/MIN.
2ª-feira		6ª-feira	
3ª-feira		Sábado	
4ª-feira		Domingo	
5ª-feira		xxxxx	

#### SEÇÃO 5 - TEMPO GASTO SENTADO

Estas últimas questões são sobre o tempo que você permanece sentado em casa, no grupo de convivência/idoso, na visita a amigos e parentes, na igreja, em consultório médico, fazendo trabalhos manuais (crochê, pintura, tricô, bordado etc), durante seu tempo livre. Isto inclui o tempo sentado, enquanto descansa, faz leituras, telefonemas, assiste TV e realiza as refeições. Não inclua o tempo gasto sentando durante o transporte em ônibus, carro, trem e metrô.

5a. Quanto tempo, no total você gasta **sentado** durante um dia de semana normal?  
 \_\_\_\_\_ horas \_\_\_\_\_ minutos

5b. Quanto tempo, no total, você gasta **sentado** durante em um dia de final de semana normal?  
 \_\_\_\_\_ horas \_\_\_\_\_ minutos

## ANEXO III- Questionário IPAQ (adaptado para idosos)

### QUESTIONÁRIO INTERNACIONAL DE ATIVIDADE FÍSICA Versão 8 (forma longa, semana usual)

Nome: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_ Idade: \_\_\_ anos



Orientações do Entrevistador

Nesta entrevista estou interessado em saber que tipo de atividades físicas o(a) senhor(a) faz em uma semana normal (típica). Suas respostas ajudarão a entender quanto ativos são as pessoas de sua idade.

As perguntas que irei fazer estão relacionadas ao tempo que você gasta fazendo atividades físicas no trabalho, em casa (no lar), nos deslocamentos à pé ou de bicicleta e no seu tempo de lazer (esportes, exercícios, etc.).

Portanto, considere como **atividades físicas** todo movimento corporal que envolve algum esforço físico. Lembre que as atividades VIGOROSAS são aquelas que precisam de um grande esforço físico e que fazem o(a) senhor(a) respirar MUITO mais forte que o normal. As atividades físicas MODERADAS são aquelas que exigem algum esforço físico e que fazem o(a) senhor(a) respirar um pouco mais forte que o normal.

#### SEÇÃO 1 - ATIVIDADE FÍSICA NO TRABALHO

Esta seção inclui as atividades que você faz no seu trabalho, seja ele remunerado ou voluntário. Inclua as atividades que você faz na universidade, faculdade ou escola. Você não deve incluir as tarefas domésticas, cuidar do jardim e da casa ou tomar conta da sua família. Estas serão incluídas na seção 3.

1a. Atualmente você tem ocupação remunerada ou faz trabalho voluntário fora de sua casa?

SIM

NÃO → Vá para seção 2 - Transporte



Orientações do Entrevistador

- ▶ As próximas questões são em relação ao tempo que você passa no trabalho (fora de casa) seja ele remunerado ou voluntário.
- ▶ Por favor, NÃO INCLUA o transporte para o trabalho.
- ▶ Pense apenas naquelas atividades que durem pelos menos 10 minutos contínuos.

1b. Em quantos dias de uma semana normal você participa (realiza) atividades físicas vigorosas, de forma contínua por pelo menos 10 minutos (exemplo: trabalho de construção pesada, levantar e transportar objetos pesados, cortar lenha, serrar madeira, cortar grama, pintar casa, cavar valas ou buracos, etc.)?

DIAS por semana  Não faz AF vigorosas → Vá para questão 1c

Tempo em cada dia?

DIA	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Sábado	Domingo
Tempo							

1c. Em quantos dias de uma semana normal você participa (realiza) atividades físicas MODERADAS, de forma contínua por pelo menos 10 minutos (exemplo: levantar e transportar pequenos objetos, limpar vidros, varrer ou limpar o chão, carregar crianças no colo, lavar roupas com as mãos, etc.)?

DIAS por semana  Não faz AF moderadas → Vá para questão 1d

Tempo em cada dia?

DIA	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Sábado	Domingo
Tempo							

- 1d. Em quantos dias de uma semana normal você realiza caminhadas no seu trabalho, de forma contínua por pelo menos 10 minutos?

Orientações do Entrevistador



▶ Lembre que você não deve incluir a caminhada que você realiza para ir para o trabalho ou para voltar para casa, após o trabalho.

DIAS por semana  Não faz caminhadas → Vá para seção 2 - Transporte

Tempo em cada dia?

DIA	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Sábado	Domingo
Tempo							

### SEÇÃO 2 - ATIVIDADE FÍSICA COMO MEIO DE TRANSPORTE

As perguntas desta seção estão relacionadas às atividades que você realiza para se deslocar de um lugar para outro. Você deve incluir os deslocamentos para o trabalho (se você trabalha), encontro do grupo de terceira idade, cinema, supermercado, lojas ou qualquer outro local.

- 2a. Em quantos dias de uma semana normal você anda de carro, ônibus, metrô ou trem?

DIAS por semana  Não utiliza veículos a motor → Vá para a questão 2b

Tempo em cada dia?

DIA	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Sábado	Domingo
Tempo							

Orientações do Entrevistador



▶ Agora pense somente em relação aos deslocamentos que você realiza à pé ou de bicicleta para ir de um lugar para outro! Não inclua as atividades que você faz por diversão ou exercício.

- 2b. Em quantos dias de uma semana normal você anda de bicicleta, por pelo menos 10 minutos contínuos, para ir de um lugar para outro, ?

DIAS por semana  Não anda de bicicleta → Vá para a questão 2c

Tempo em cada dia?

DIA	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Sábado	Domingo
Tempo							

- 2c. Em quantos dias de uma semana normal você caminha por pelo menos 10 minutos contínuos, para ir de um lugar para outro?

DIAS por semana  Não faz caminhadas → Vá para a Seção 3

Tempo em cada dia?

DIA	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Sábado	Domingo
Tempo							

### SEÇÃO 3 - ATIVIDADE FÍSICA EM CASA, TAREFAS DOMÉSTICAS E ATENÇÃO À FAMÍLIA



As perguntas desta seção estão relacionadas às atividades que o(a) senhor(a) realiza na sua casa e ao redor da sua casa. Nestas atividades estão incluídas as tarefas no jardim ou quintal, manutenção da casa e aquelas que você faz para tomar conta da sua família.

- 3a. Em quantos dias de uma semana normal você faz atividades físicas vigorosas no jardim ou quintal, por pelo menos 10 minutos contínuos? (Exemplo: carpir, cortar lenha, serrar, pintar, levantar e transportar objetos pesados, cortar grama com foice, etc.).

DIAS por semana  Não faz AF vigorosas em casa → Vá para questão 3b

Tempo em cada dia?

DIA	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Sábado	Domingo
Tempo							

- 3b. Em quantos dias de uma semana normal você faz atividades físicas moderadas no jardim ou quintal, por pelo menos 10 minutos contínuos? (Exemplo: levantar e carregar pequenos objetos, limpar a garagem, jardinagem, caminhar ou brincar com crianças, etc.).

Tempo em cada dia?

DIAS por semana       Não faz AF moderadas no quintal → Vá para questão 3c

DIA	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Sábado	Domingo
Tempo							

- 3c. Em quantos dias de uma semana normal você faz atividades físicas moderadas dentro da sua casa, por pelo menos 10 minutos contínuos? (Exemplo: , limpar vidros ou janelas, lavar roupas à mão, limpar banheiro, esfregar o chão, carregar crianças pequenas no colo, etc).

Tempo em cada dia?

DIAS por semana       Não faz AF moderadas em casa → Vá para a seção 4

DIA	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Sábado	Domingo
Tempo							

#### SEÇÃO 4 - ATIVIDADE FÍSICA DE RECREAÇÃO, ESPORTE, EXERCÍCIO E LAZER



As perguntas desta seção estão relacionadas às atividades que o(a) senhor(a) realiza em uma semana normal (habitual) unicamente por recreação, esporte, exercício ou lazer. Pense somente nas atividades físicas que você faz por pelo menos 10 minutos contínuos. Por favor NÃO inclua atividades que você já tenha citado nas seções

- 4a. No seu tempo livre, sem incluir qualquer caminhada que você já tenha citado nas perguntas anteriores, em quantos dias de uma semana normal você caminha, por pelo menos 10 minutos contínuos?

Tempo em cada dia?

DIAS por semana       Não faz caminhadas no lazer → Vá para questão 4b

DIA	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Sábado	Domingo
Tempo							

- 4b. No seu tempo livre, durante uma semana normal em quantos dias você participa de atividades físicas vigorosas, por pelo menos 10 minutos contínuos? (Exemplo: correr, nadar rápido, pedalar rápido, canoagem, remo, musculação, esportes em geral, etc).

Tempo em cada dia?

DIAS por semana       Não faz AF vigorosas no lazer → Vá para questão 4c

DIA	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Sábado	Domingo
Tempo							

- 4c. No seu tempo livre, durante uma semana normal em quantos dias você participa de atividades físicas moderadas por pelo menos 10 minutos contínuos? (Exemplo: pedalar em ritmo moderado, voleibol recreativo, natação, hidroginástica, ginástica e dança, etc).

Tempo em cada dia?

DIAS por semana       Não faz AF moderadas no lazer → Vá para Seção 5

DIA	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Sábado	Domingo
Tempo							

#### SEÇÃO 5 - TEMPO QUE VOCÊ PASSA SENTADO



Esta é a última pergunta. Preciso saber quanto tempo em média o(a) senhor(a) passa sentado em cada dia da semana. Inclua todo o tempo que você passa sentado em casa, no trabalho, lendo, assistindo TV, visitando amigos, sentado no ônibus, etc.

Tempo em cada dia?

DIA	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Sábado	Domingo
Tempo							

**ANEXO IV – Termo de consentimento livre e esclarecido****TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO****I - DADOS DE IDENTIFICAÇÃO DO SUJEITO DA PESQUISA****1. NOME DO INDIVÍDUO:**

.....  
DOCUMENTO DE IDENTIDADE Nº: ..... SEXO:

M  F

DATA NASCIMENTO: ...../...../.....

ENDEREÇO: ..... Nº

..... APTO .....

BAIRRO: ..... CIDADE:

.....  
CEP: ..... TELEFONE: DDD

(.....).....

**II - DADOS SOBRE A PESQUISA CIENTÍFICA**

TÍTULO DO PROJETO DE PESQUISA: “Relação entre controle do equilíbrio, assimetrias posturais, demandas musculares e metabólicas em jovens e idosos durante as posturas ereta quieta e irrestrita”

PESQUISADOR RESPONSÁVEL: Prof. Dr. Marcos Duarte

CARGO/FUNÇÃO: Professor da Escola de Educação Física e Esportes -USP

AVALIAÇÃO DO RISCO DA PESQUISA:

RISCO MÍNIMO x	RISCO MÉDIO
RISCO BAIXO	RISCO MAIOR

(probabilidade de que o indivíduo sofra algum dano como consequência imediata ou tardia do estudo)

DURAÇÃO DA PESQUISA : A pesquisa consiste em um experimento com duração de 45 minutos.

**III - EXPLICAÇÕES DO PESQUISADOR AO INDIVÍDUO OU SEU REPRESENTANTE LEGAL SOBRE A PESQUISA:**

Este estudo pretende investigar o equilíbrio de indivíduos idosos durante tarefas posturais e contribuir para o entendimento dos problemas de equilíbrio na população idosa além de verificar as ativações musculares e demandas fisiológicas durante a postura relaxada.

Durante o experimento o participante permanecerá em pé sobre duas plataformas de força enquanto é submetido a algumas condições experimentais como assistir a um programa de televisão ou realizar a leitura de um artigo de revista. Em adição será colocada uma máscara em seu rosto para o registro de gases inspirados e expirados, bem como eletrodos no tronco para o registro da atividade cardíaca.

O experimento não será invasivo e não envolve qualquer risco a saúde física e mental do participante, além dos riscos encontrados nas atividades normais da vida diária.

Esperamos com esse experimento compreender melhor como seres humanos comportam-se em atividades do cotidiano, contribuir para o controle postural em idosos, podendo ajudar numa melhor prescrição de atividades físicas. Porém o participante não terá nenhum benefício direto.

**IV - ESCLARECIMENTOS DADOS PELO PESQUISADOR SOBRE GARANTIAS DO SUJEITO DA PESQUISA:**

O participante tem direito a fazer perguntas a qualquer momento sobre os objetivos do experimento, o procedimento experimental, riscos envolvidos e benefício relacionado a pesquisa, de modo que suas dúvidas sobre o experimento sejam esclarecidas pelos pesquisadores.

A participação nesse estudo é voluntária e o sujeito da pesquisa tem o direito de interromper a sua participação a qualquer momento sem prejuízo próprio.



**ANEXO V – Frequência de ocorrência dos índices de co-contracção muscular das coxas direita (*ICo Coxa D*) e esquerda (*ICo Coxa E*), pernas direita (*ICo Perna D*) e esquerda (*ICo Perna E*), para os grupos JOVENS e IDOSOS em todas as condições experimentais**

TABELA 5 – Frequência de ocorrência dos índices de co-contração muscular das coxas direita (*ICo Coxa D*) e esquerda (*ICo Coxa E*), pernas direita (*ICo Perna D*) e esquerda (*ICo Perna E*), para os grupos JOVENS e IDOSOS em todas as condições experimentais

<b>ICo Coxa E (%)</b>		GRUPO		Total
TAREFA	Valores ICCo	JOVENS	IDOSOS	
DIREITA	,00	12	13	25
	,43	0	1	1
	,67	0	1	1
	,91	0	1	1
Total		12	16	28
ESQUERDA	,00	11	12	23
	,44	0	1	1
	,67	0	1	1
	,90	1	0	1
	,95	0	2	2
Total		12	16	28
SIMÉTRICA	,00	12	14	26
	,60	0	1	1
	,65	0	1	1
Total		12	16	28
RELAXADA	,00	11	12	23
	,60	1	0	1
	,66	0	1	1
	,74	0	1	1
	,79	0	1	1
	,89	0	1	1
Total		12	16	28
QUIETA	,00	12	14	26
	,71	0	1	1
	,86	0	1	1
Total		12	16	28

<b>ICo Coxa D (%)</b>		GRUPO		Total
TAREFA	Valores ICCo	JOVENS	IDOSOS	
DIREITA	,00	12	11	23
	,51	0	1	1
	,59	0	1	1
	,69	0	1	1
	,75	0	1	1
	,87	0	1	1
Total		12	16	28
ESQUERDA	,00	12	15	27
	,51	0	1	1
Total		12	16	28
SIMÉTRICA	,00	12	13	25
	,48	0	1	1
	,75	0	1	1
	,86	0	1	1
Total		12	16	28
RELAXADA	,00	12	10	22
	,56	0	1	1
	,63	0	1	1
	,73	0	1	1
	,74	0	1	1
	,78	0	1	1
	,82	0	1	1
Total		12	16	28
QUIETA	,00	12	13	25
	,45	0	1	1
	,67	0	1	1
	,73	0	1	1
Total		12	16	28

TABELA 6 – Frequência de ocorrência dos índices de co-contração muscular das pernas direita (*ICo Perna D*) e esquerda (*ICo Perna E*), para os grupos JOVENS e IDOSOS em todas as condições experimentais

<b>ICo Perna E (%)</b>		GRUPO		Total
TAREFA	Valores ICCo	JOVENS	IDOSOS	
DIREITA	,00	12	15	27
	,68	0	1	1
Total		12	16	28
ESQUERDA	,00	6	11	17
	,37	1	0	1
	,39	1	0	1
	,48	1	0	1
	,58	1	1	2
	,59	0	1	1
	,65	0	1	1
	,68	1	0	1
	,86	1	0	1
	,91	0	1	1
	,95	0	1	1
Total		12	16	28
SIMÉTRICA	,00	11	14	25
	,55	0	1	1
	,69	1	0	1
	,71	0	1	1
Total		12	16	28
RELAXADA	,00	8	8	16
	,38	1	1	2
	,46	0	1	1
	,49	0	1	1
	,54	0	1	1
	,65	0	1	1
	,70	1	0	1
	,71	0	1	1
	,77	1	1	2
	,83	1	0	1
	,86	0	1	1
Total		12	16	28
QUIETA	,00	11	15	26
	,62	0	1	1
	,71	1	0	1
Total		12	16	28

<b>ICo Perna D (%)</b>		GRUPO		Total	
TAREFA	Valores ICCo	JOVENS	IDOSOS		
DIREITA	,00	8	13	21	
	,56	1	0	1	
	,57	1	0	1	
	,62	0	1	1	
	,73	1	0	1	
	,85	1	0	1	
	,93	0	1	1	
	,95	0	1	1	
	Total		12	16	28
	ESQUERDA	,00	11	13	24
,61		0	1	1	
,70		0	1	1	
,83		0	1	1	
,90		1	0	1	
Total		12	16	28	
SIMÉTRICA		,00	12	15	27
	,91	0	1	1	
	Total	12	16	28	
RELAXADA	,00	8	11	19	
	,21	0	1	1	
	,47	1	0	1	
	,61	1	0	1	
	,68	0	1	1	
	,78	1	0	1	
	,82	0	1	1	
	,84	0	2	2	
	,87	1	0	1	
	Total	12	16	28	
	QUIETA	,00	12	16	28
Total		12	16	28	

**ANEXO VI – Produção científica durante o curso de doutorado (Maio/2010  
- Dezembro/2014)**

1. PRADO, J.M.; DINATO, M.; DUARTE, M. Age-related difference on weight transfer during unconstrained standing. *Gait & Posture*, v. 33, p. 93-97, 2011.
2. PRADO, J.M.; CASTANHARO, R.; VILELA, M.; DUARTE, M. Human are asymmetric during natural standing but they do not have a preferred leg for standing. In: *Progress in Motor Control VIII*, Cincinnati, EUA, 2011.
3. PRADO, J.M.; CASTANHARO, R.; VILELA, M.; DUARTE, M. Are we asymmetric in body weight distribution during natural standing?. *ISB – Bruxelas, Bélgica*, 2011.
4. ALCANTARA, C.P.A.; PRADO-RICO, J.M.; DUARTE, M. Análise do controle do equilíbrio em surfistas durante a postura ereta. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, v. 18, p. 318-321, 2012.
5. PRADO-RICO, J.M.; DUARTE, M. Postural asymmetry and muscular demands in young and elderly adults during quiet and relaxed standing *Progress in Motor Control IX*, Montreal, Canada, 2013.