

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DO MOVIMENTO HUMANO**

Fernanda Seganfredo Weber

**ADAPTAÇÕES NEUROMUSCULARES E FUNCIONAIS DO TREINAMENTO
VIBRATÓRIO EM IDOSAS**

Porto Alegre

2012

Fernanda Seganfredo Weber

**ADAPTAÇÕES NEUROMUSCULARES E FUNCIONAIS DO TREINAMENTO
VIBRATÓRIO EM IDOSAS**

Dissertação de Mestrado Acadêmico
apresentada ao Programa de Pós-
Graduação em Ciências do Movimento
Humano da Escola de Educação Física da
Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
Orientador: Prof. Dr. Ronei Silveira Pinto

Porto Alegre

2012

CIP - Catalogação na Publicação

Weber, Fernanda Seganfredo
Adaptações neuromusculares e funcionais do
treinamento vibratório em idosas / Fernanda
Seganfredo Weber. -- 2012.
103 f.

Orientador: Ronei Silveira Pinto.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do
Rio Grande do Sul, Escola de Educação Física, Programa
de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano,
Porto Alegre, BR-RS, 2012.

1. Plataforma vibratória. 2. Envelhecimento. 3.
Treinamento. 4. Força. I. Pinto, Ronei Silveira,
orient. II. Título.

Fernanda Seganfredo Weber

**ADAPTAÇÕES NEUROMUSCULARES E FUNCIONAIS DO TREINAMENTO
VIBRATÓRIO EM IDOSAS**

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Carlos Ugrinowitsch – USP

Prof. Dr. Marco Aurélio Vaz – UFRGS

Prof. Dr. Flávio Antônio de Souza Castro - UFRGS

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter me dado o dom da vida, me ajudado na escolha dos meus caminhos, iluminado os meus passos e ter me dado força para chegar até aqui.

A minha família, o meu avô Gino, minha avó Regina, minha mãe Vera e meu pai Bruno, por terem cuidado de mim com amor e carinho e terem me incentivado muito a seguir estudando e me aperfeiçoando. Vô, pai e mãe, além de exemplos de vida, são meus exemplos de profissionais dedicados na sua função de educar e propagar o conhecimento.

As minhas queridas irmãs Beti e Cris, minhas melhores amigas e companheiras, por abrirem o caminho para que eu pudesse estudar na UFRGS, por cuidarem tão bem desta caçulinha e sempre me ajudarem quando precisei. E também por terem sido grandes incentivadoras do meu mestrado e exemplos de que estudando se vai longe.

Aos meus professores, em especial aos professores da ESEF-UFRGS e também aos funcionários desta instituição.

A Cheila, Lia e Lúcia, diretoras e coordenadora pedagógica do CID por compreenderem os meus horários de trabalho restritos e valorizarem o meu envolvimento com a pesquisa.

Ao Gabriel, Cássio, Alice e Amanda, por me auxiliarem nas coletas de dados e treinamento das idosas com responsabilidade.

Aos meus amigos Régis e Bruna, pelos anos de pesquisa em grupo, por quebrarem a cabeça junto comigo, pela ajuda em diversos momentos, pelo companheirismo e principalmente pela amizade. Junto deles, também agradeço a todos os demais colegas e amigos do GPTF, Cíntia, Eurico, Anderson e Cristiano, um grupo que fez desses dois anos de mestrado, anos especiais, com trabalho, mas também com muita alegria.

Ao Jeam Geremia, por ter passado alguns sábados no LAPEX me auxiliando nas coletas e também ao Fernando Aguiar por ter tornado a minha análise de dados um pouco mais tranquila.

Aos professores da banca, Carlos Ugrinowitsch, Marco Aurélio Vaz e Flávio Antônio de Souza Castro pela atenção, disponibilidade e por suas colaborações e sugestões visando à melhoria deste trabalho.

Ao meu orientador, Ronei Silveira Pinto por ter me convidado e incentivado a fazer parte da pesquisa, sendo a primeira integrante do GPTF. Pela sua atenção e orientação ao longo de todo o estudo.

Ao meu noivo Augusto, meu amor e exemplo de pesquisador, por estar sempre ao meu lado, me ajudando e me apoiando. E por compreender que fazer mestrado exigiu de mim tempo e dedicação.

As participantes deste estudo como voluntárias, que disponibilizaram seu tempo semanalmente para treinar e se comprometeram com o estudo até o final.

RESUMO

Com o envelhecimento ocorre perda de força e potência muscular, principalmente nos membros inferiores, e conseqüente redução no desempenho de habilidades funcionais que envolvem a locomoção. A realização de exercícios sobre plataforma vibratória vem sendo investigada como uma possível estratégia para melhorar estas qualidades físicas na população idosa. Sendo assim, o objetivo do estudo foi comparar as adaptações neuromusculares e funcionais dos membros inferiores do grupo de idosas que treinou na plataforma vibratória com as do grupo controle que treinou sem vibração. A amostra do trabalho foi composta por 23 idosas (média de idade $63,57 \pm 4,52$ anos) sendo 14 do grupo vibração e nove do grupo controle. As voluntárias realizaram 36 sessões de treinamento e foram avaliadas em três momentos, pré-treino, seis e 12 semanas pós-treino. Os testes aplicados foram para avaliação de pico de torque isométrico e dinâmico, potência, ativação e *onset* muscular, além da arquitetura muscular no músculo extensor de joelho (vasto lateral) e flexor plantar (gastrocnêmio medial). Também foram avaliadas as habilidades funcionais de sentar e levantar e se deslocar com agilidade. Além disso, foi feito um teste imediatamente após uma das sessões de treino para analisar a resposta imediata da vibração sobre a potência muscular dos membros inferiores (salto vertical). Os resultados mostraram que não houve diferença significativa entre o grupo vibração e o grupo controle para todas as variáveis analisadas após seis e 12 semanas de treinamento. No entanto, em ambos os grupos houve incrementos significativos ($p < 0,05$) em algumas variáveis mensuradas (PT dinâmico de flexão plantar, tempo motor de flexão plantar, ângulo de penação e espessura muscular do vasto lateral e teste de sentar e levantar, no grupo vibratório; e no ângulo de penação do músculo vasto lateral, altura do salto com contra-movimento e sentar e levantar, no grupo controle) após 12 semanas de treinamento. Conclui-se que o treinamento vibratório não se mostrou efetivo para a melhoria das respostas neuromusculares e funcionais dos membros inferiores de idosas após 12 semanas de treino quando comparado ao grupo controle, nas condições em que foi realizado o presente trabalho. Sugere-se a realização de outros estudos com diferentes protocolos e com cargas de treino individualizadas respeitando as condições diferenciadas de cada indivíduo.

Palavras-chave: Envelhecimento, plataforma vibratória, força, potência, arquitetura muscular.

ABSTRACT

With aging there is a loss of muscle strength and power, especially in the lower limbs, and the consequent reduction in performance of functional skills that involve locomotion. The exercises on the vibration platform have been investigated as a possible strategy to increase these physical qualities in the elderly. Therefore, the aim of this study was to compare the neuromuscular and functional adaptations of the lower limbs in the experimental group of elderly women who trained on the vibration platform with the control group who trained without vibration. The sample consisted of 23 elderly (mean age 63.57 ± 4.52 years), with 14 of the vibration group and nine in the control group. The subjects performed 36 training sessions and were evaluated in three stages, pre-training, six and 12 weeks post-training. The tests were applied for evaluation of isometric and dynamic peak torque, power, muscle activation and onset of muscle activation, as well as muscle architecture in the knee extensor (vastus lateralis) and plantar flexor (medial gastrocnemius). The functional capacity to sit to stand and walk with agility was evaluated. In addition, a test was made immediately after a training session to analyze the immediate response of vibration on muscle power of lower limbs (vertical jump). The results showed no significant difference between the vibration group and control group for all variables after six and 12 weeks of training. However, both groups showed significant increases ($p < 0.05$) in some of the measured variables (PT dynamic plantar flexion, plantar flexion motor time, pennation angle and muscle thickness of vastus lateralis and testing of sitting and standing, in the vibration group, and the muscle pennation angle of the vastus lateralis, heel height with counter-movement, sitting and standing in the control group) after 12 weeks of training. In conclusion that vibration training was not effective for the improvement of neuromuscular and functional responses of the lower limbs of elderly women after 12 weeks of training compared to the control group. It is suggested that further studies with different protocols and individualized training load respecting the different conditions of each individual should be performed.

Keywords: Aging, vibration platform, strength, power, muscle architecture.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	Teste de salto vertical com contra-movimento (CMJ).....	46
Figura 2 –	Posição inicial dos testes de levantar e sentar e levantar, contornar obstáculo e sentar.....	47
Figura 3 –	Ilustração da posição do indivíduo no dinamômetro isocinético para realizar os testes de extensão de joelho.....	49
Figura 4 –	Posicionamento da articulação do tornozelo e amplitude angular utilizada nos testes dinâmicos.....	51
Figura 5 –	Imagem da análise de dados realizada no programa MATLAB. Nesta aparece os sinais de: estímulo visual (luz LED) em verde, sinal eletromiográfico em azul e sinal do torque em vermelho.....	53
Figura 6 –	Aproximação da imagem da análise de dados realizada no programa MATLAB para ilustrar a determinação dos pontos de <i>onset</i> muscular. Tempo pré-motor (A-B), tempo motor (B-C) e tempo de reação (A-C).....	53
Figura 7 –	Comportamento individual da contração voluntária máxima isométrica de extensão de joelho nos grupos controle e vibração antes (Pré) e após 12 semanas de treino (Pós 12).....	60
Figura 8 –	Comportamento individual da contração voluntária máxima isométrica de flexão plantar nos grupos controle e vibração antes (Pré) e após 12 semanas de treino (Pós 12).....	60
Figura 9 –	Pico de torque de extensão de joelho realizada a 60°/s nos grupos vibração (GV) e controle (GC) durante os momentos pré-treino (Pré), pós 6 semanas (Pós 6) e pós 12 semanas de treino (Pós 12).....	62
Figura 10 –	Pico de torque de extensão de joelho realizada a 120°/s nos grupos vibração (GV) e controle (GC) durante os momentos pré-treino (Pré), pós 6 semanas (Pós 6) e pós 12 semanas de treino (Pós 12).....	62
Figura 11 -	Pico de torque de flexão plantar realizada a 30°/s nos grupos vibração (GV) e controle (GC) durante os momentos pré-treino	

	(Pré), pós 6 semanas (Pós 6) e pós 12 semanas de treino (Pós 12).....	63
Figura 12 –	Pico de torque de flexão plantar realizada a 60 ^o /s nos grupos vibração (GV) e controle (GC) durante os momentos pré-treino (Pré), pós 6 semanas (Pós 6) e pós 12 semanas de treino (Pós 12).....	64
Figura 13 –	Valores médios de deslocamento vertical (cm) do salto com contra-movimento no grupo vibração (GV) e grupo controle (GC) nos três momentos pré-treino (Pré), pós 6 semanas (Pós 6) de e pós 12 semanas de treino (Pós 12).....	66
Figura 14 –	Valores médios do número de repetições do teste funcional de sentar e levantar no grupo vibração (GV) e grupo controle (GC) nos três momentos pré-treino (Pré), pós 6 semanas (Pós 6) e pós 12 semanas de treino (Pós 12).....	67
Figura 15 –	Valores médios de tempo em segundos(s) do grupo vibração (GV) e grupo controle (GC) para completar o teste <i>Up and Go</i> nos três momentos pré-treino (Pré), pós 6 semanas (Pós 6) e pós 12 semanas de treino (Pós 12).....	67
Figura 16 –	Valores médios de deslocamento vertical (cm) do salto com contra-movimento após uma sessão de treino. São apresentados o grupo vibração (GV) e o grupo controle (GC) nos dois momentos de avaliação: pré-treino (Pré) e pós-treino agudo (Pós).....	70

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Valores médios e desvios-padrão da contração voluntária máxima isométrica e ativação muscular– Resultados da extensão de joelho e flexão plantar.....	59
Tabela 2-	Valores médios e desvios-padrão do <i>onset</i> muscular do vasto lateral e gastrocnêmio medial durante os testes de CVMi _{EJ} e CVMi _{FP}	61
Tabela 3 -	Valores médios e desvios-padrão da arquitetura muscular. Ângulo de penação, comprimento de fascículo e espessura muscular dos músculos vasto lateral e gastrocnêmio medial.....	65
Tabela 4 –	Valores médios e desvios-padrão da taxa de produção de força de extensão de joelho isométrica avaliados nos momentos pré-treino, pós 6 semanas e pós 12 semanas de treino.....	68
Tabela 5 -	Valores médios e desvios-padrão da taxa de produção de força de flexão plantar isométrica avaliados nos momentos pré-treino, pós 6 semanas e pós 12 semanas de treino.....	69

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Protocolos de treinamento utilizando plataforma vibratória com idosos.....	32
Quadro 2 - Principais resultados obtidos nos estudos utilizando plataforma vibratória com idosos.....	34
Quadro 3 - Desenho experimental.....	43
Quadro 4 - Descrição do treinamento na plataforma vibratória.....	55
Quadro 5 - Médias e desvios-padrão das variáveis de caracterização da amostra.....	58

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANOVA – Análise de variância

AST – Área de secção transversa

AVD – Atividade de vida diária

CMJ – *Counter movement jump*

CVMi – Contração voluntária máxima isométrica

CVMi_{EJ} - Contração voluntária máxima isométrica de extensão de joelho

CVMi_{FP} - Contração voluntária máxima isométrica de flexão plantar

DP- Desvio padrão

EMG – Eletromiografia

F- Feminino

GC – Grupo controle

GM – Gastrocnêmio medial

GV – Grupo vibração

Hz – Hertz

IMC - Índice de massa corporal

KG - Quilogramas

LED – *Light emitting diode*

M – Masculino

m - Metros

mm – Milímetros

p – Nível de significância calculado a *posteriori*

PAP – Potenciação pós-ativação

PT – Pico de torque

PT_{EJ120} - Pico de torque de extensão de joelho à 120°/s

PT_{EJ60} - Pico de torque de extensão de joelho à 60°/s

PT_{FP30} - Pico de torque de flexão plantar à 30°/s

PT_{FP60} - Pico de torque de flexão plantar à 60°/s

Qua - Quarta-feira

RMS – *Root mean square*

s - Segundos

Seg – Segunda-feira

Sex - Sexta-feira

TC - Treinamento controle

TM - Tempo motor

TPF – Taxa de produção de força

TPM – Tempo pré-motor

TR - Tempo de reação

TUG – *Timed Up and Go*

TV - Treinamento vibratório

VA – Vibração alternada

VL – Vasto lateral

VV – Vibração vertical

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
1.1 JUSTIFICATIVA	17
1.2 OBJETIVOS	18
1.2.1 Gerais	18
1.2.2 Específicos.....	18
2 REFERENCIAL TEÓRICO	20
2.1 O Envelhecimento neuromuscular e suas implicações	20
2.1.1 Alterações neurais e morfológicas	20
2.1.2 Alterações nas medidas de força e potência muscular	24
2.1.3 Habilidades funcionais	25
2.2 O Treinamento Vibratório	26
2.2.1 As variáveis metodológicas do treinamento vibratório	28
2.2.2 Métodos de aplicação da vibração.....	30
2.3 O treinamento vibratório em idosos.....	31
2.3.1 Efeitos Crônicos do Treinamento Vibratório em Idosos	33
2.3.2 Efeitos Agudos do Treinamento Vibratório em Idosos	37
3 MATERIAIS E MÉTODOS	38
3.1 População e Amostra	38
3.2 Equipamentos	39
3.3 Definição Operacional das Variáveis.....	40
3.3.1 Variáveis Independentes.....	40
3.3.2 Variáveis Dependentes	40
3.3.3 Variáveis de Caracterização da Amostra	43
3.4 Desenho Experimental Simplificado	43
3.5 Rotinas e Protocolos	43
3.5.1 Realização de familiarização e pré-testes.....	44
3.5.2 Realização do Treinamento vibratório e treinamento controle	54
3.5.3 Testes intermediários	55
3.5.4 Teste agudo de salto vertical	56
3.5.5 Pós- testes	56
3.6 Análise Estatística	57

4 RESULTADOS	58
5 DISCUSSÃO	71
6 CONCLUSÃO	82
7 REFERÊNCIAS	83
ANEXO A: Divulgação	96
ANEXO B: Questionário.....	97
ANEXO C: Termo de Consentimento Livre e Esclarecido	99
ANEXO D: Aprovação do Comitê de Ética.....	101
ANEXO E: Representação ilustrativa dos testes funcionais.	102
ANEXO F: Ilustração dos exercícios que foram realizados sobre a plataforma vibratória.	103

1 INTRODUÇÃO

Com o envelhecimento ocorrem inúmeras modificações nas funções músculo-esqueléticas dos seres humanos, como: o decréscimo da capacidade aeróbica, da produção de força, de potência e da flexibilidade (FITZGERALD *et al.* 1997; MAGNUSSON 1998; GOODPASTER *et al.* 2006). O declínio da força e potência muscular ocorre principalmente nos membros inferiores, e essas são duas capacidades que parecem ser essenciais para a manutenção da marcha e equilíbrio corporal adequado. Além disso, este declínio relaciona-se diretamente com o aumento do risco de quedas em pessoas idosas (LAROCHE *et al.* 2007).

A diminuição na capacidade de geração de força decorrente do envelhecimento tem sido vinculada ao decréscimo do número de neurônios motores, de atividade física, condição hormonal e dieta inadequada (DOHERTY, 1993; NARICI & MAFFULLI, 2010). A perda de massa muscular tem sido proposta como mecanismo primário para este declínio, porém a diminuição do número de unidades motoras, a incapacidade de recrutar unidades motoras disponíveis e o decréscimo da taxa de disparo das mesmas também são fatores contribuintes para tal. Desta forma, a perda de força muscular não está somente relacionada à perda de massa muscular, mas também está associada a funções neuromusculares comprometidas, provavelmente como resultado de baixos níveis de exercício físico desta população (LAROCHE *et al.* 2007). A redução na potência muscular pode ser ainda mais preocupante que a perda de força máxima, visto que situações da vida diária requerem aplicações de força de forma rápida, como a recuperação de equilíbrio após perturbações (tropeços ou escorregões), caminhada apressada para atravessar a rua ou para pegar o ônibus.

A queda em idosos é um problema multifatorial que abrange causas sensoriais, nervosas e musculares em relação ao meio ambiente. Estudo indica que a queda está mais associada à fraqueza muscular do que ao equilíbrio, à visão ou ao uso de medicamentos psicotrópicos (AGS, 2001). Além disso, a taxa de produção de força na musculatura do joelho e tornozelo é referida como 20 a 40% menor em pessoas que têm histórico de quedas, em comparação àquelas que não o têm (PERRY *et al.* 2007; SKELTON *et al.*, 2003). É cogitado que o declínio da taxa de produção de força ocorra devido à atrofia muscular, mas também pode ser devido à

diminuição do *output* da força relativa por fibra muscular, baixa velocidade de encurtamento e reduzido comando neural para o músculo (D'ANTONA *et al.* 2007; HÄKKINEN & HÄKKINEN, 1991; LAROCHE *et al.* 2008).

Visando a prevenção de quedas, seria importante que os idosos realizassem exercícios de força associados a altas velocidades, treinando, desta forma, força e potência, o que os possibilitaria realizar mais adequadamente e com maior segurança as tarefas funcionais diárias. Como a ação mecânica da vibração é realizada para produzir rápidas e curtas mudanças no comprimento do complexo músculo-tendíneo (CARDINALE & BOSCO, 2003), é especulado que ela possa se constituir um estímulo neuromuscular interessante para idosos, e assim, o treino vibratório seria uma alternativa adequada para esta população.

O treinamento vibratório realizado com o equipamento chamado plataforma vibratória começou a ser utilizado em alguns experimentos em atletas e astronautas na década de 80 para fins de incremento da força. Atualmente este equipamento vem sendo comercializado com maior intensidade e utilizado por várias populações, dentre elas a de idosos. Porém, ainda não se sabe quais são as principais respostas músculo esqueléticas ao treinamento vibratório e se elas são efetivas para controlar algumas das perdas que ocorrem com o envelhecimento.

Incrementos de força e potência decorrentes de um período de treinamento em plataforma vibratória são ainda controversos. Enquanto um estudo mostra aumento de potência sem aumento de força máxima (RUSSO *et al.*, 2003), outro estudo mostra o contrário, aumento de força máxima e não de potência (MACHADO *et al.*, 2010). Além disso, há pesquisas que apresentam aumento de ambas, força e potência (REHN *et al.*, 2007; REES *et al.*, 2008). O equilíbrio dinâmico parece sofrer alterações positivas deste treino, sendo o seu aumento documentado em diversas pesquisas (BAUTMANS *et al.*, 2005; CHEUNG *et al.*, 2007; MACHADO *et al.*, 2010). Estudos com o objetivo de avaliar a taxa de produção de força e *onset* muscular após treinamento vibratório em idosos não foram encontrados até o presente momento.

Ainda com relação às pesquisas utilizando plataformas vibratórias, na maioria delas não foi medido o real efeito da vibração proporcionada pelo equipamento sobre o corpo. Os ganhos de força, potência e equilíbrio encontrados nestes casos podem estar não só relacionados à vibração, mas também aos exercícios que os indivíduos realizaram sobre a plataforma. Desta forma, é importante a realização de

estudos que quantifiquem o real efeito das plataformas vibratórias sobre sistema músculo-esquelético de idosos e qual seria a influência deste treino sobre as habilidades motoras funcionais.

1.1 JUSTIFICATIVA

No Brasil, são considerados idosos os indivíduos com idade superior a 60 anos (Estatuto do Idoso – Ministério da Saúde de 2003). Em 2010 esta população representava 10,8% da sociedade brasileira, sendo prevista para 2050 uma proporção de idosos de 29,8%. Desta forma, é importante dar atenção a esta faixa etária, que além de estar aumentando, demanda alguns cuidados especiais para manter boa saúde e qualidade de vida.

A redução da força muscular advinda do envelhecimento pode ser vinculada a fatores neurais, morfológicos, fisiológicos, nutricionais e de estilo de vida como: o decréscimo de massa muscular, do número de neurônios motores, condição hormonal, dieta inadequada e decréscimo de atividade física (DOHERTY, 2003; NARICI & MAFFULLI, 2010). Sendo assim, a diminuição da força muscular não está associada somente à perda de massa muscular, relação sustentada há muitos anos, mas também a uma série de outros fatores. Além do decréscimo de força, a redução na potência muscular também é preocupante, visto que várias situações da vida diária requerem aplicações de força com altas velocidades.

A diminuição da força e potência muscular parece ocorrer principalmente nos membros inferiores, o que se relaciona diretamente com o aumento do risco de quedas em pessoas idosas (LAROUCHE *et al.*, 2007). Desta forma, exercícios que requerem trabalho de força e velocidade em membros inferiores parecem melhorar estas condições musculares e, conseqüentemente reduzir o risco de quedas. O treinamento vibratório proporciona mudanças rápidas de comprimento muscular, e assim poderia ser um treino interessante para esta população.

Estudos crônicos e agudos realizados com idosos utilizando a plataforma vibratória têm mostrado resultados contraditórios com relação às variáveis de força e potência muscular; além disso, nada há sobre a taxa de produção de força e *onset* muscular, medidas que parecem ter ligação com o risco de quedas. Visto que o uso do equipamento plataforma vibratória já é amplamente difundido em academias e

residências, é importante a realização de estudos que mostrem se há efeito da vibração de corpo inteiro sobre questões neuromusculares e atividades funcionais de idosos.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Gerais

Avaliar e comparar as adaptações neuromusculares e funcionais dos membros inferiores de idosas submetidas ao treinamento vibratório.

1.2.2 Específicos

- Avaliar e comparar as respostas crônicas de força, potência, ativação, arquitetura muscular e movimentos funcionais relacionados aos membros inferiores do grupo vibratório e grupo controle após seis e 12 semanas de treinamento utilizando a plataforma vibratória;
- Avaliar e comparar a resposta aguda de potência muscular do grupo vibratório com o grupo controle, imediatamente após uma sessão de treino na plataforma vibratória.

1.3 PROBLEMA

A vibração aplicada ao exercício melhorará as respostas neuromusculares e desempenho de movimentos funcionais dos membros inferiores em idosas?

1.4 HIPÓTESES

A primeira hipótese do estudo é de que haveria maior aumento de força, potência, ativação muscular e melhor desempenho nas atividades funcionais para as idosas que realizassem o treinamento com vibração, em comparação àquelas que realizassem o treinamento sem adição da vibração.

A segunda hipótese do trabalho é de que ocorreria aumento de potência imediatamente após uma sessão aguda de treino para as idosas do grupo vibratório em comparação às do grupo controle.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 O ENVELHECIMENTO NEUROMUSCULAR E SUAS IMPLICAÇÕES

O termo envelhecimento é usado para se referir a um processo ou conjunto de processos que ocorrem em organismos vivos e com o passar do tempo levam a perda de adaptabilidade, deficiência funcional e, finalmente, à morte (SPIRDUSO, 2005). Nos seres humanos o envelhecimento é acompanhado por inúmeras mudanças como a perda de células e reorganizações importantes no sistema muscular e sistema nervoso central, o que contribui para redução no desempenho motor, podendo comprometer a mobilidade e, por consequência, a realização de atividades de vida diária (AAGAARD *et al.*, 2010). Aliados ao processo natural de envelhecimento, fatores como estilo de vida sedentário, nutrição inadequada e doenças podem ter influências deletérias na capacidade muscular (ROUBENOFF, 2000).

2.1.1 Alterações neurais e morfológicas

A função neuromuscular e o tamanho muscular mudam drasticamente ao longo da vida humana; há um rápido aumento com o crescimento e um gradual decréscimo com o envelhecimento (VANDERVOORT, 2002). De maneira geral a fase do início da vida adulta, entre 20 e 30 anos, envolve um período de pico da função musculoesquelética; na meia-idade, entre 40 e 50 anos, já tem início alguma lentidão na contração, que se intensifica a partir da sexta década de vida, momento em que a força muscular começa a mostrar um declínio contínuo (DOHERTY, 1993; OVEREND *et al.*, 2000).

Alterações no sistema muscular decorrentes do envelhecimento são observadas tanto nas funções neurais quanto na morfologia do músculo. As alterações nas funções neurais relacionadas à idade podem ser identificadas no nível periférico e nos níveis espinais e supra-espinais (AAGAARD *et al.*, 2010). As alterações morfológicas podem ser observadas no comprimento do fascículo, ângulo de penação, área de secção transversa e espessura muscular (NARICI & MAFFULLI, 2010).

Uma das alterações que o envelhecimento gera no nível espinal é a perda de neurônios motores que pode ocorrer devido a apoptose, vias de sinalização reduzida do fator de crescimento semelhante à insulina 1 (IGF-1), quantidade elevada de citocinas circulantes e aumento do estresse oxidativo celular. A perda de neurônios motores espinais é acompanhada por uma redução do tamanho e número de fibras musculares, resultando em um desempenho muscular prejudicado (força máxima muscular, potência e taxa de produção de força diminuídas) que por sua vez leva à capacidade funcional reduzida durante as tarefas diárias (levantar da cadeira, caminhar e subir escadas) (AAGAARD *et al.*, 2010).

O estudo de Tomlinson & Irving (1977), no qual estimaram o número de neurônios motores no segmento lombo-espinal (L1-S3), demonstrou uma perda média de aproximadamente 25% da segunda à décima década de vida, com vários idosos acima de 60 anos mostrando somente 50% do que foi apurado em adultos ou indivíduos de meia-idade. Outros investigadores (KAWAMURA *et al.*, 1977a, b; MITTAL & LOGMANI 1987), com a realização de autópsias humanas em idosos, identificaram um reduzido número e diâmetro dos axônios mielínicos de neurônios motores espinais nas raízes ventrais, com uma maior perda de axônios de grande diâmetro.

A velocidade de condução axonal parece ser mais lenta em idosos, um efeito que poderia ser consequência de uma variedade de alterações, como: o desaparecimento das fibras axonais maiores, desmilenização segmentar e redução do comprimento internodal (DOHERTY & BROWN, 1993; METTER *et al.*, 1998; SCAGLIONI *et al.*, 2002). Isso pode ser visto em estudos que demonstram um aumento da latência do reflexo-H com o envelhecimento (SCAGLIONI *et al.*, 2002; KIDO *et al.*, 2004). A produção endócrina e parácrina do IGF-1 também é reduzida em indivíduos idosos, o que pode ter implicações significativas para a prevenção, bem como a compensação adaptativa para a perda de neurônios espinais. O IGF-1 tem efeitos potentes sobre a mielinização do axônio motor, estimulação de brotamento axonal e reparação de axônios lesados (AAGAARD *et al.*, 2010).

Alterações no nível periférico também são observadas, tais como a redução e a remodelação de unidades motoras, que por sua vez afetam a capacidade de produção de força (VANDERVOORT, 2002). Uma redução acentuada do número de unidades motoras excitáveis parece ocorrer entre a sexta e sétima década de vida (BROWN *et al.*, 1988; DOHERTY & BROWN, 1993). Estudo de McNeil *et al.* (2005)

apresentou diminuição de 39% no número de unidades motoras do músculo tibial anterior de idosos entre 61 e 69 anos, comparados a jovens entre 23 e 32 anos. Porém, outra pesquisa mostrou que o número de unidades motoras estimadas no músculo sóleo, não diferiu estatisticamente entre jovens e idosos (DALTON *et al.*, 2008). Estes dados contraditórios sugerem que o declínio do número de unidades motoras em decorrência do envelhecimento pode ocorrer de forma diferente em cada grupo muscular. É possível que essa disparidade esteja relacionada com as diferenças específicas de cada músculo, como a composição do tipo de fibra e/ou adaptações em longo prazo do padrão de atividade muscular destes idosos (AAGAARD *et al.*, 2010).

A remodelação de unidades motoras também é um processo que sofre mudanças ao longo do envelhecimento. Quando relacionada a indivíduos idosos, parece envolver desnervação de fibras musculares rápidas com reinervação por brotamento axonal de fibras lentas. (LEXELL, 1995; LARSSON, 1995; KADHIRESAN *et al.*, 1996; FREY *et al.*, 2000). Lexell *et al.* (1988) observaram 26% de redução no tamanho das fibras do tipo II no VL e Coggang *et al.* (1992) mostraram um declínio de 31% nas fibras do tipo IIa e IIb no músculo gastrocnêmio.

Mudanças na morfologia muscular relacionadas ao envelhecimento, como a redução da massa muscular, dependem de vários fatores, incluindo o nível de massa muscular inicial e a taxa de declínio, ambos dependentes de outros fatores como os hábitos de vida individual e o nível de atividade física (ROUBENOFF & HUGHES, 2000). O termo utilizado para se referir a esse declínio de massa e força muscular é sarcopenia. Granacher *et al.* (2008) explicam a sarcopenia como consequência da redução no volume individual das fibras e/ou redução no número total de fibras e alterações no arranjo das fibras musculares, conhecida como arquitetura muscular.

Estudos demonstraram diminuição de 30-50% da massa muscular esquelética entre a quarta e oitava década de vida, seguida de grandes declínios de força (AKIMA *et al.*, 2001; LEXEL *et al.*, 1988). Ao avaliarem a massa muscular do corpo inteiro com ressonância magnética em uma amostra heterogênea de 468 homens e mulheres com idades entre 18 - 88 anos, pesquisadores observaram redução da massa muscular em relação à massa corporal inicial a partir da terceira década (JANSSEN *et al.*, 2000). Diferenciando homens de mulheres, da segunda à oitava década de vida a massa magra total parece declinar cerca de 18% em homens e

27% em mulheres (JANSSEN *et al.*, 2002). Tanto para os homens quanto para as mulheres o decréscimo de massa magra é maior nos membros inferiores (15%), em comparação aos membros superiores (10%).

Com relação à perda de massa muscular localizada nos membros inferiores, um estudo mostra diminuição de 25% da área de secção transversa (AST) destes entre a segunda e a sétima década de vida (YOUNG, 1985). Dado que os músculos das extremidades inferiores são necessários para a maioria das atividades de vida diária (por exemplo, caminhar e subir escada), a perda de massa muscular predominante na parte inferior do corpo pode provavelmente ser explicada pela redução da atividade física relacionada com a idade (GRANACHER *et al.*, 2008). Além disso, pode também ser explicada pela maior perda de unidades motoras nos músculos distais em comparação aos proximais, sugerido por Galea (1996).

A arquitetura muscular também apresenta alterações com o envelhecimento. O estudo de coorte de Narici *et al.* (2003) analisou o comprimento fascicular e o ângulo de penação do músculo gastrocnêmio medial em jovens e idosos e apresentou os seguintes resultados: o comprimento fascicular foi 10% menor e o ângulo de penação foi 13% menor nos idosos, em comparação aos jovens. Com isso, pode-se concluir que com o envelhecimento há uma redução do comprimento fascicular e ângulo de penação e isso pode ser causado pela perda de sarcômeros em série e em paralelo, respectivamente, o que levaria à redução de força e potência muscular (NARICI & MAFFULLI, 2010).

Alterações na rigidez do tendão, encontradas na velhice, também causam um impacto direto na mecânica muscular, afetando o grau de encurtamento das fibras musculares e a taxa de produção de força sobre a contração. Isto ocorreria porque o decréscimo da rigidez do tendão causaria maiores encurtamentos de fibras musculares. Outras alterações como nutricionais, hormonais e imunológicas também contribuem para a sarcopenia (NARICI & MAFFULLI, 2010).

Quando associadas ao sedentarismo excessivo ou doença, a perda de massa muscular e força são aceleradas e acentuadas. Como elas afetam em maior proporção os membros inferiores pode-se inferir que neste caso os idosos estariam expostos a grande risco de quedas ou dependência para locomoção. Segundo a Secretaria de Saúde do estado do Rio Grande do Sul, no ano de 2009 ocorreram 350 mortes na população idosa causadas por queda. Dentre estas mortes, 148 foram do sexo masculino e 202 do sexo feminino. Visto que o envelhecimento

humano afeta diretamente o sistema neuromuscular e pode trazer consequências negativas, é importante dar atenção para o tema e buscar ou aprimorar meios que impeçam ou lentifiquem este processo.

2.1.2 Alterações nas medidas de força e potência muscular

As alterações neurais e morfológicas que ocorrem com o envelhecimento acarretam redução tanto da força como da potência muscular. Foi encontrado declínio de força muscular com média de 20-40% entre a terceira e oitava década de vida (FRONTERA *et al.*, 1991; MERLETTI *et al.*, 2002). É observado que na terceira idade este decréscimo de força afeta severamente os músculos extensores do joelho e do tornozelo, e isto pode ser advindo da redução da atividade física que comprometeria, primeiramente, as extremidades inferiores (GRANACHER *et al.*, 2008). Além disso, a força muscular reduzida, bem como deficiência no controle postural estático e dinâmico, são fatores importantes de risco de queda em idades avançadas (HAUSDORFF *et al.*, 2001; PIJNAPPELS *et al.*, 2008).

Comparando-se idosos e jovens, foi encontrada uma redução de 40% na força isométrica e 60% na potência muscular (THOM *et al.*, 2007). Dados recentes indicam que o decréscimo na capacidade de produção de força explosiva excede o de força máxima, e perdas mais severas parecem ocorrer entre a sétima e nona década de vida (MCNEIL *et al.*, 2007). A potência muscular é afetada por mudanças na força e velocidade de encurtamento. Um fator que contribui para a diminuição da velocidade de encurtamento muscular em idosos é a perda seletiva de fibras de contração rápida, bem como o reduzido recrutamento de unidades motoras e frequência de disparo (KAMEN, 1995). A potência mostra-se tão ou mais importante que a força máxima em idosos, visto que há correlações entre capacidade de produção de força explosiva dos membros inferiores e desempenho de atividades de vida diária, como o tempo de subir escadas, velocidade máxima e habitual de marcha e tempo para completar o teste de seis metros (BEAN *et al.*, 2002; PUTHOFF & NIELSEN, 2007).

A capacidade de gerar força rapidamente pode ser medida utilizando-se a taxa de produção de força (TPF) durante contração voluntária máxima. A TPF reflete a habilidade do sistema neuromuscular de gerar rápido aumento na força muscular em fração de segundos no início da contração, o que tem importância significativa

na geração de força e potência durante movimentos fortes e rápidos. A relevância da TPF para os idosos está na sua relação com a capacidade de neutralizar perturbações bruscas no equilíbrio postural (CARDINALE *et al.*, 2011). Autores demonstraram maior TPF dos flexores de joelho em idosas que não haviam sofrido nenhuma queda, em comparação àquelas que já haviam sofrido (BENTO *et al.*, 2010). LaRoche *et al.* (2010) ao somar os escores de força de dorsiflexão e flexão plantar (PT + TPF + impulso) encontraram valores menores em idosas que já haviam histórico de queda, em comparação àquelas que não o tinham apresentado; além disso, o tempo motor daquelas que já haviam caído foi 29% mais longo, em comparação as outras.

Tendo em vista a relação existente entre a TPF, o desequilíbrio de idosos e o risco de queda, esta variável parece ser uma importante medida a ser feita nesta população. Além disso, as perdas tanto de força como potência muscular são relevantes, pois afetam as atividades de vida diária e também contribuem para o risco de quedas.

2.1.3 Habilidades funcionais

Um dos conceitos mais relevantes ao tratar do envelhecimento e sua relação com a saúde, aptidão física e qualidade de vida é o da capacidade funcional, definido também como estado funcional e intimamente ligado à manutenção de autonomia (MATSUDO *et al.*, 2001). Sendo assim, as habilidades funcionais englobam os movimentos necessários para a realização das tarefas básicas da vida diária, como caminhar, subir escadas, sentar, levantar, deitar, se agachar, pegar um objeto no chão, tomar banho, escovar os dentes, cozinhar, entre outras.

A manutenção relativamente estável do desempenho de movimentos adquiridos na idade adulta significaria que o indivíduo continuaria a responder satisfatoriamente às demandas ambientais, apesar do declínio de determinadas capacidades motoras inerentes ao envelhecimento. Essa competência em termos de adaptação sofreria grande influência do estilo de vida e, segundo pressupostos teóricos, este processo seria possível através da seleção e otimização dos recursos existentes e o uso de mecanismos compensatórios frente às demandas ambientais, garantindo, assim, a continuidade do processo de desenvolvimento. Entretanto, um desequilíbrio nessa relação ganho/perda que excedesse os recursos

compensatórios individuais, resultaria numa instabilidade que o organismo não conseguiria sustentar e, portanto, apresentaria uma mudança negativa, acarretando uma diminuição de desempenho (SANTOS *et al.* 2004). A perda de massa muscular, diminuição de força e potência pode ser um exemplo deste desequilíbrio entre perdas e ganhos, levando a piora do desempenho físico, que ocasionaria a diminuição de algumas capacidades funcionais.

Os hábitos de vida também parecem influenciar as capacidades funcionais. Em um estudo longitudinal foi verificado que o exercício, o fumo e o índice de massa corporal na meia idade e no final da idade adulta são preditores da incapacidade, ou seja, indivíduos que são tabagistas, obesos e realizam pouca ou nenhuma atividade física apresentam incapacidade funcional mais precocemente, em comparação aos que possuem hábitos de vida saudável (não fumam, não são obesos e praticam atividades físicas regularmente) (MATSUDO *et al.*, 2001).

A prevalência de incapacidade funcional e mobilidade física em idosos foram avaliadas no Censo Demográfico do ano de 2000. Em Porto Alegre, o percentual de incapacidade funcional foi de 28,2% para as mulheres e 20,6% para os homens maiores de 60 anos (IBGE, 2009). Para que esses percentuais não se elevem ainda mais, tornando os idosos cada vez mais incapazes de viverem de forma independente, é importante buscar alternativas para manter o máximo possível as suas capacidades funcionais. Uma das alternativas poderia ser a realização de exercícios físicos sobre plataformas vibratórias, o qual envolve estímulos de força, potência e equilíbrio corporal.

2.2 O TREINAMENTO VIBRATÓRIO

A origem da plataforma vibratória como equipamento de treinamento ainda carece de confirmação. Segundo endereços eletrônicos relacionados a estas máquinas, os primeiros aparelhos que utilizavam vibração foram criados em 1857 (Goga Vibration; History of Whole Body Vibration Technology). Por volta do ano de 1881, a vibração já era utilizada como método de terapia muscular. Entretanto, as primeiras investigações parecem ter sido realizadas cerca de 100 anos depois, pelo cientista russo Dr. Vladimir Nazarov. Após encontrar resultados positivos em suas experiências, ele ajudou a introduzir este equipamento em esportes competitivos,

balé, medicina e programas espaciais na ex-URSS (Nazarov & Spivak, 1987). Segundo a *National Aeronautics and Space Administration* (NASA, 2001), o treinamento na plataforma vibratória pode ser uma possível solução para a perda óssea e muscular dos astronautas no espaço. Atualmente o treinamento vibratório vem sendo investigado por inúmeros centros de pesquisa e também com diversas populações.

Os mecanismos responsáveis pela elevada atividade muscular durante o exercício realizado sobre a plataforma vibratória e a melhor performance após a sua utilização, ainda estão sendo investigados, e contrações musculares reflexas, amortecimento e mecanismos de controle postural têm sido propostos (ABERCROMBY *et al.*, 2007; CARDINALE & BOSCO, 2003 e WAKELING *et al.*, 2002). O que mais se tem discutido é que a vibração causa estímulos mecânicos que são transmitidos através do corpo, resultando em pequenas e rápidas mudanças de comprimento muscular, estimulando receptores sensoriais como os fusos musculares (CARDINALE & BOSCO, 2003). Estes estímulos ativam neurônios motores alfa e causam contrações musculares similares ao reflexo tônico de vibração (RTV) (DELECLUSE *et al.*, 2003). O RTV é uma resposta que ocorre quando a vibração é aplicada diretamente no ventre muscular ou tendão (RONNESTAD, 2004 e CORMIE *et al.*, 2006). Este reflexo é principalmente caracterizado pela ativação dos fusos musculares, com o recrutamento de fibras aferentes Ia e a ativação das fibras musculares extrafusais através de motoneurônios alfa.

A vibração de corpo inteiro é o método mais utilizado para treinamento físico vibratório, e essa vibração pode ser gerada por um equipamento conhecido como plataforma vibratória. A maioria das plataformas vibratórias contemporâneas produz oscilações sinusoidais periódicas (COCHRANE, 2011). Existem comercialmente dois tipos de plataforma vibratória: as que produzem oscilações sinusoidais de lados alternados (VA) e as que produzem vibrações verticais síncronas (VV).

Alguns estudos utilizam plataformas vibratórias de VA e outros de VV, porém ainda não se sabe se essa diferença do equipamento pode apresentar respostas diferentes nos músculos. Um estudo mostra que independente do tipo de plataforma vibratória, a força do salto e a taxa de produção de força do salto após uma sessão de treino apresentam as mesmas respostas (BAGHERI *et al.*, 2011). Outra pesquisa sugere que essa diferença na forma de produzir as vibrações parece provocar

respostas neuromusculares distintas no corpo humano. Ao utilizarem diferentes plataformas, autores relatam que em exposição aguda, os músculos vasto lateral e gastrocnêmio foram ativados significativamente mais durante a vibração alternada, em comparação à síncrona; entretanto, para o músculo tibial anterior ocorreu o oposto. Além disso, durante a posição estática de agachamento e exercícios dinâmicos de agachamento, a VA mostrou maior ativação nos músculos da perna, em comparação a VV. Os mesmos autores também mostraram que na amplitude de 5-35° de flexão do joelho a vibração transmitida para a cabeça é de 75-189% maior durante a VV, em comparação a VA (ABERCROMBY *et al.*, 2007).

Um estudo de meta-análise envolvendo a população idosa mostrou que a intervenção utilizando plataforma de VA pode melhorar o equilíbrio dinâmico. O treino com VV revelou apenas pequenos efeitos de equilíbrio estático e dinâmico, enquanto o treino com VA mostrou pequenos a moderados incrementos para os mesmos equilíbrios requeridos (ROGAN *et al.*, 2011).

2.2.1 As variáveis metodológicas do treinamento vibratório

A carga do treinamento vibratório depende principalmente: da frequência (Hz), da amplitude (mm) e do tempo de exposição à vibração (s). De acordo com Wilcock *et al.* (2009) e Crewther *et al.* (2004), a combinação do deslocamento pico a pico, frequência e postura ou movimento adotado determinam a magnitude de aceleração da vibração e, por consequência, o efeito de transmissão.

Estudos em jovens e adultos realizados por Cardinale e Lim (2003) e Da Silva *et al.* (2006) demonstraram maior ativação muscular (EMG) em 30 Hz do que em outras frequências (20, 40 e 50 Hz) quando indivíduos realizaram exercícios em plataforma vibratória. Já Hazell *et al.* (2007) mostraram que frequências de 30, 35 e 45 Hz apresentam maiores aumentos da atividade eletromiográfica de músculos da coxa, em comparação à frequência de 25 Hz.

Com relação à medida de salto vertical em jovens, após treinamento agudo em plataforma vibratória (VA) utilizando frequências de: 0, 30, 35 e 40 Hz, foi visto que somente treinando com uma frequência de 40 Hz, o salto aumentou significativamente (6%) (TURNER *et al.*, 2011). Contrariando em parte o estudo de Turner, outros autores apresentaram redução da altura do salto vertical após sessões de treino tanto em frequências de 30 como de 40 Hz (LAMAS *et al.* 2010).

Da Silva *et al.* (2006), sugerem maior incremento no CMJ na frequência de 30 Hz, em comparação a de 20 e 40Hz. Apesar de utilizarem as mesmas frequências e a mesma avaliação de saltos, ressalta-se que há diferenças entre outras variáveis dos protocolos de treino nestes estudos, o que pode ter contribuído para estas respostas distintas.

Em relação à ativação muscular em diferentes frequências e amplitudes para a população idosa, um estudo agudo apresentou aumento do sinal eletromiográfico durante o exercício de agachamento estático, tanto para a combinação de 30 Hz e 2,5mm como para 46 Hz e 1,1 mm (MARÍN *et al.*, 2012). Outro estudo, o qual realizou várias sessões de treino utilizando duas frequências distintas (2 e 26 Hz) apresentou resultados mostrando que houve diferença na avaliação funcional *Timed Up and Go (TUG)* em resposta as diferentes frequências, porém no salto vertical com contra-movimento não foi encontrada nenhuma alteração (MERRIMAN *et al.*, 2011).

Com relação à amplitude, parece que exercícios realizados em maiores amplitudes (4 mm) apresentam maiores efeitos neuromusculares agudos, como o aumento na altura de saltos, e também crônicos, com a modificação em parâmetros eletromiográficos (LUO *et al.*, 2005). Ao analisarem frequências de 30-45 Hz, tanto para exercícios em posições estáticas quanto dinâmicas, a amplitude de 4 mm apresentou maior atividade muscular (RMS) dos músculos bíceps femoral e vasto lateral, em comparação à amplitude de 2 mm (HAZELL *et al.*, 2007). Com relação à potência muscular, um estudo recente mostrou que alta frequência (50 Hz) combinada com alta amplitude (4-6 mm) e baixa frequência (30 Hz) combinada com baixa amplitude (2-4 mm) são efetivas para o aumento do salto vertical (LAMONT *et al.*, 2010).

A aceleração máxima é dependente tanto da frequência como da amplitude, e as plataformas vibratórias podem gerar aceleração máxima similar com diferentes combinações de frequências e amplitudes (MARÍN *et al.*, 2012). Até o presente momento nenhum estudo fez a análise da resposta muscular a diferentes acelerações impostas. Sabe-se que utilizando amplitude de 0,05 mm a maior aceleração no tornozelo ocorre em torno das frequências de 10-40 Hz, no joelho de 10-25 Hz, no quadril de 10-20 Hz e na lombar de 10 Hz. Amplitudes maiores que 0,05mm podem resultar em maiores picos de aceleração (KIISKI *et al.*, 2008).

Um trabalho comparando o tempo de exposição contínua à vibração, em jovens atletas, mostrou que em dois minutos houve um aumento significativo no PT de extensores de joelho (+3,8%), enquanto em quatro e seis minutos o PT diminuiu (-2,7% e -6%, respectivamente) (STEWART *et al.*, 2009). Com relação à execução do treino em períodos contínuos ou intervalados, Lamont *et al.* (2010) não demonstraram diferença no salto com contra-movimento realizado após intervenções de forma contínua (1 série de 30 s) ou intervalada (3 séries de 10 s).

Acredita-se que a vibração pode ter um pequeno efeito residual facilitatório e transitório na performance muscular isométrica e dinâmica (LUO *et al.*, 2005). Esse efeito na força e potência pode ser observado em um estado não fadigado e pode ser explicado por uma maior excitabilidade motora central em recrutar predominantemente grandes unidades motoras durante as contrações dinâmicas e isométricas (RITTWEGGER *et al.*, 2003). Parece que a amplitude e duração da vibração devem ser de magnitude suficiente para provocar este efeito. Amplitudes baixas e tempos de exposição muito curtos parecem não provocar esta facilitação, bem como tempos de exposição muito longos, que acabam levando o músculo à fadiga e diminuindo o desempenho.

2.2.2 Métodos de aplicação da vibração

Existem dois métodos de aplicação da vibração no corpo humano durante a realização de exercícios: um é o da vibração direta, o qual a vibração é aplicada de forma direta e perpendicular ao músculo ou tendão, e o segundo é o chamado vibração de corpo inteiro, o qual a vibração é aplicada de forma indireta através de um equipamento como a plataforma vibratória (LUO *et al.*, 2005).

O método de vibração indireto apresenta maiores diferenças entre a frequência e a amplitude da fonte e aquela que chega aos músculos em comparação aos métodos de vibração diretos. Na vibração aplicada indiretamente, a frequência e amplitude podem ser atenuadas de maneira não linear pelos tecidos moles durante a transmissão da vibração até o músculo alvo (LUO *et al.*, 2005). De acordo com a anatomia humana, deve-se considerar o caminho que a vibração vai percorrer, sempre de um segmento a outro: dos pés para os tornozelos, para os joelhos, e assim por diante até chegar à cabeça. A maioria da vibração transmitida irá depender da rigidez musculoesquelética e umidade (RITTWEGGER, 2010).

Em um estudo realizado com idosos, foi visto que com o treinamento na plataforma vibratória os ganhos de força e potência foram maiores nos flexores plantares em comparação aos músculos da coxa e quadril. Sendo assim, observa-se que quanto mais longe o músculo está da plataforma, menor é o seu ganho de força e potência (REES *et al.*, 2008).

2.3 O TREINAMENTO VIBRATÓRIO EM IDOSOS

São recentes os estudos que avaliam os efeitos do treinamento vibratório em idosos, sendo os seus resultados controversos. Assim, ainda há muitas perguntas sem respostas, sobretudo relacionadas à progressão do treino, bem como sobre os efeitos que cada variável deste treino e a sua combinação têm sobre parâmetros neuromusculares.

Pode-se observar no Quadro 1, que para uma mesma população, os protocolos de treinamento variam consideravelmente. Eles diferem na amplitude (sendo a menor de 1 mm e a maior de 8 mm); na frequência (sendo a menor de 12 Hz e a maior de 40 Hz); no tempo de exposição contínuo à vibração (que varia de 30 s a 120 s) e também na forma de exercícios (sendo alguns somente posições estáticas e outros a combinação destas com movimentos dinâmicos). Ademais, em seis estudos foram utilizados equipamentos com vibração vertical e em quatro foi utilizada a vibração alternada.

Quadro 1. Protocolos de treinamento utilizando plataforma vibratória com idosos

Autores	Amplitude	Frequência	Tempo contínuo	Tipo de Plataforma	Exercício	Duração
Bautmans <i>et al.</i> (2005)	2 e 5	30-40	30-60	VV	E	6
Bogaerts <i>et al.</i> (2007)	2,5-5	30-40	30-60	VV	E e D	48
Bogaerts <i>et al.</i> (2009)	2,5-5	30-40	30-60	VV	E e D	48
Bogaerts <i>et al.</i> (2011)	2,5-5	30-40	15-60	VV	E e D	24
Cheung <i>et al.</i> (2007)	1-3	20	180	VA	E	12
Machado <i>et al.</i> (2010)	2-4	20-40	30-60	VV	E e D	10
Rees <i>et al.</i> (2007)	5-8	26	45-80	VA	E e D	8
Rees <i>et al.</i> (2008)	5-8	26	45-80	VA	E e D	8
Russo <i>et al.</i> (2003)	1-3	12-28	60-120	VA	E	24
Roelants <i>et al.</i> (2004)	2,5-5	35-40	30-60	VV	E e D	24
Silva <i>et al.</i> (2009)	2-6	30-40	30-60	VV	E	13
Stengel <i>et al.</i> (2010)	1,7-2	25-35	60	-	D	72
Verschueren <i>et al.</i> (2011)	2-5	30-40	15-60	VV	E e D	24

A amplitude está descrita em milímetros (mm), a frequência em Hertz (Hz), o tempo em segundos (s), o tipo de plataforma é vibração vertical (VV) e vibração alternada (VA), os exercícios são estáticos (E) ou estáticos e dinâmicos (E e D) e a duração está descrita em semanas. O traço isolado (-) significa que não consta no estudo a informação sobre tal parâmetro.

As diferenças apresentadas nos protocolos impossibilitam uma comparação adequada entre os resultados referidos nos estudos utilizando plataforma vibratória e também tornam difícil a explicação dos efeitos obtidos em função das variáveis do treino. Pode ser visto que tanto as pesquisas que utilizaram amplitudes mais baixas (1-3 mm) (CHEUNG *et al.*, 2007), como outras que utilizaram amplitudes um pouco mais altas (2-5 mm) (BAUTMANS *et al.*, 2005), mostraram melhora no equilíbrio de idosos. O mesmo ocorre com a frequência: tanto um estudo que utilizou frequência baixa (20 Hz) (CHEUNG *et al.*, 2007), bem como outro que optou por frequências mais elevadas (30-40 Hz) (BOGAERTS *et al.* 2007), mostraram melhora de equilíbrio em idosos. Nestes casos são encontradas variáveis distintas que analisadas em separado levam a um mesmo resultado, o que impossibilita a determinação da amplitude e frequência mais adequadas para promover melhoras no equilíbrio corporal.

A maioria dos autores que fizeram estudos crônicos na plataforma vibratória utilizou três dias da semana para realizá-lo, à exceção de dois trabalhos que

realizaram o treinamento somente em dois dias da semana (RUSSO *et al.*, 2003 e SILVA *et al.*, 2009). Mesmo treinando com a frequência de dois dias foi observada melhora de 5% na potência de mulheres idosas que sofreram a intervenção (RUSSO *et al.*, 2003). Como se pode perceber, ainda não existe um padrão para os protocolos, sendo que a prescrição dos treinos é normalmente baseada nos princípios da sobrecarga (intensidade) e do volume, em que ambos são aumentados progressivamente durante as sessões de treino.

2.3.1 Efeitos Crônicos do Treinamento Vibratório em Idosos

Com base no resultado de 13 estudos selecionados tendo como tema principal o treinamento vibratório na população idosa, ainda não é possível afirmar categoricamente que este equipamento produz melhoras neuromusculares e funcionais para estes indivíduos. No Quadro 2, em que são descritos os principais resultados, pode-se encontrar tanto melhoras quanto nenhuma alteração nas características musculoesqueléticas dos idosos estudados.

Quadro 2. Características e principais resultados obtidos nos estudos utilizando plataforma vibratória com idosos

Autores	N	Sexo	Resultados	Grupo controle
Bautmans <i>et al.</i> (2005)	24	9M/15F	F: NA, P: NA, TFunc: NS, EMG: NA	Placebo
Bogaerts <i>et al.</i> (2007)	220	114M/106F	F: NA, P: NA, TFunc: NS, EMG: NA	Sem intervenção
Bogaerts <i>et al.</i> (2009)	220	114M/106F	F: NS, P: NA, TFunc: NA, EMG: NA	Sem intervenção
Bogaerts <i>et al.</i> (2011)	113	F	F: NA, P: NA, TFunc: ↑, EMG: NA	Suplementação de vitamina D
Cheung <i>et al.</i> (2007)	69	F	F: NA, P: NA, TFunc: ↑, EMG: NA	Sem intervenção
Machado <i>et al.</i> (2010)	26	F	F: ↑, P: NA, TFunc: ↑, EMG: NS	Sem intervenção
Rees <i>et al.</i> (2007)	43	23M/20F	F: NS, P: NA, TFunc: NS, EMG: NA	Com e sem intervenção
Rees <i>et al.</i> (2008)	30	16M/14F	F: NS, P: NS, TFunc: NA, EMG: NA (EJ) F: ↑, P: ↑, TFunc: NA, EMG: NA (FP)	Com e sem intervenção
Russo <i>et al.</i> (2003)	29	F	F: NS, P: ↑, TFunc: NA, EMG: NA	Sem intervenção
Roelants <i>et al.</i> (2004)	89	F	F: NS, P: NS, TFunc: NA, EMG: NA	Sem intervenção e com exercícios de força
Silva <i>et al.</i> (2009)	47	12M/35F	F: NS, P: NS, TFunc: NS, EMG: NA	Fisicamente ativo
Stengel <i>et al.</i> (2010)	151	F	F: ↑, P: NS, TFunc: NA, EMG: NA	Com e sem intervenção
Verschueren (2011)	113	F	F: NS, P: ↑, TFunc: NA, EMG: NA	Suplementação de vitamina D

A letra N refere-se ao número total de participantes do estudo, para a variável sexo: masculino (M) e feminino (F). Em resultados: F= força, P= potência, Tfunc= testes funcionais, EMG=eletromiografia, NA= não avaliado, NS= não significativo entre o grupo experimental e controle, ↑= aumentou, EJ= extensão de joelho e FP= flexão plantar. As características dos protocolos de treino destes estudos estão referidas no Quadro 1.

Os principais efeitos positivos com relação a este tipo de treino ao longo do tempo foram os seguintes: aumento da área de secção transversa dos músculos vasto medial e bíceps femoral (MACHADO *et al.*, 2010), aumento da contração voluntária máxima isométrica (no *leg press*) (MACHADO *et al.*, 2010; STENGEL *et al.*, 2010), aumento da força isométrica de extensão de joelho (ROELANTS *et al.*, 2004), aumento de torque dinâmico isocinético de extensão de joelho (BAUTMANS *et al.*, 2005; REES *et al.*, 2007;2008; ROELANTS *et al.*, 2004), aumento do torque isocinético de flexão plantar (REES *et al.*, 2007; 2008), aumento de potência dos membros inferiores medida com saltos (BOGAERTS *et al.*, 2007; 2009; ROELANTS

et al., 2004 e RUSSO *et al.*, 2003), redução do tempo para realizar o teste de levantar, caminhar e sentar (MACHADO *et al.*, 2010; REES *et al.*, 2007; 2008), redução do tempo de levantar e sentar na cadeira durante cinco repetições, redução do tempo para caminhar a distância de 5 m e 10 m (REES *et al.*, 2007; 2008), melhora em alguns limites de estabilidade (velocidade de movimento, controle direcional e máxima excursão) (CHEUNG *et al.*, 2007), redução de frequência de quedas (BOGAERTS *et al.*, 2007;2009), aumento da flexibilidade medida com o teste de sentar e alcançar (BAUTMANS *et al.*, 2005) e aumento de $VO_{2máx}$ (BOGAERTS *et al.*, 2007;2009). Após a citação de tantos resultados benéficos do treinamento vibratório, principalmente sobre a força e potência dos membros inferiores de idosos, este parece ser um bom exercício para pessoas que buscam a melhora destas capacidades. Porém, ressalta-se que a maioria dos estudos faz a comparação do treinamento com um grupo controle que não faz nenhum tipo de exercício e, nestes casos, normalmente há diferenças significativas.

Os estudos que compararam o treinamento vibratório com a utilização de um grupo placebo ou outro grupo de exercícios como de força ou aeróbico, não obtiveram as tantas diferenças entre as variáveis analisadas. Em uma recente revisão sistemática e meta-análise realizada por Lau *et al.* (2011) são apresentadas comparações de resultados referentes à força nos membros inferiores de idosos entre grupos que treinaram na plataforma vibratória, grupos controle sem intervenção e grupos que realizaram outros exercícios. Para a variável extensão de joelho isométrica não foi encontrado efeito significativo do treinamento vibratório em comparação a outro exercício físico ou grupo controle. Já para a avaliação de extensão de joelho dinâmica, os resultados revelaram que o treinamento vibratório tem efeito significativo em comparação ao grupo controle, porém nenhuma comparação é feita a outro grupo de exercícios. Com relação ao teste de salto, a meta-análise revela que o treinamento vibratório apresenta aumento significativo desta variável em comparação a grupo de controle e não apresenta variação em comparação a outro grupo de exercícios. O mesmo é revelado para o teste funcional de levantar e sentar.

Somente com a utilização de um grupo controle sem intervenção, não é possível atribuir as mudanças ocorridas com o treino à vibração, pois os exercícios realizados sobre a plataforma também promovem adaptações musculares. Para estudos que apresentam grupo placebo ou grupo de mesmo exercício, porém, sem a

vibração, é possível atribuir às mudanças ocorridas como sendo decorrentes da vibração. Nesta perspectiva, são destacados os resultados de alguns estudos que não possuem somente grupo controle sem intervenção em suas pesquisas. Nos estudos de Rees *et al.* (2007 e 2008) somente foi encontrada diferença entre o grupo que vibrava e aquele que realizava os mesmos exercícios sem a vibração para a variável torque de flexão plantar isocinética. Para as demais variáveis que envolveram testes funcionais de deslocamentos, subir escadas, sentar e levantar, torque de extensão e flexão de joelho e de quadril, nenhuma diferença foi encontrada entre os grupos.

Nos estudos de Bogaerts *et al.* (2007 e 2009) nenhuma diferença significativa foi encontrada em relação ao controle postural, frequência cardíaca, consumo de O₂ e extensão de joelho isométrica entre o grupo que treinou na plataforma vibratória e aquele que fez exercícios de *fitness*. Silva *et al.* (2009) apresentam a conclusão de que o treinamento de vibração não foi efetivo em melhorar a força, a potência e o desempenho nos testes funcionais dos idosos, em comparação ao grupo controle que realizou exercícios físicos regulares. Roelants *et al.* (2004) mostram que nas primeiras 12 semanas de treino tanto o grupo que utilizou plataforma vibratória quanto o que treinou força obtiveram melhoras semelhantes na força isométrica e dinâmica de extensão de joelho e altura do salto com contra-movimento; porém, somente o grupo da plataforma vibratória mostrou ganhos na força dinâmica após 24 semanas de treino. No estudo de Bautmans *et al.* (2005), o grupo de treino vibratório melhorou as habilidades funcionais de levantar, andar e sentar, porém, não melhorou o equilíbrio. Já o grupo placebo, não melhorou as habilidades funcionais e melhorou o equilíbrio. Além disso, ambos os grupos apresentaram melhora de força máxima e potência de extensão da perna.

Outro fator que pode explicar tamanha distinção nos resultados encontrados é a forma com que é realizado o treino na plataforma vibratória. Em todos os estudos citados, o treinamento é padrão para toda a amostra, ou seja, independente dos níveis iniciais de força individuais, o treino é o mesmo. Desta forma, há pessoas que adquirem maiores incrementos (responsivos) e outras nem tanto (não-responsivos), pois enquanto o esforço de alguns pode estar mais próximo do máximo, o de outros está longe disso.

2.3.2 Efeitos Agudos do Treinamento Vibratório em Idosos

Para a população idosa, nas fontes de consulta utilizadas para o presente trabalho foram encontrados somente dois estudos que realizaram avaliação aguda em idosos. Em um trabalho (MARÍN *et al.*, 2012) foi avaliada a atividade muscular em posição de agachamento sobre a plataforma vibratória e foi encontrado incremento do sinal eletromiográfico no músculo GM e no VL. Neste estudo foi utilizada frequência de 30Hz e amplitude de 2,5mm. Em outra pesquisa, foram realizados alguns testes após 2, 20 e 40min de uma sessão de treinamento vibratório. O desempenho no teste TUG (*Timed Up and Go*) melhorou em todos os tempos avaliados tanto para homens como mulheres em resposta a frequências 2 e 26Hz. Já o teste de salto vertical com contra-movimento não mostrou diferença entre os momentos pré e pós-intervenção (MERRIMAN *et al.*, 2011).

Os principais efeitos agudos ao treinamento utilizando plataforma vibratória encontrados na população jovem foram aumento no salto com contra-movimento, aumento da contração voluntária máxima, melhora no equilíbrio estático (TORVINEN *et al.* 2002), aumento da flexibilidade (COCHRANE *et al.* 2005), aumento de força e potência (BOSCO *et al.* 1999), aumento de testosterona, hormônio do crescimento (GH) e diminuição do cortisol (BOSCO *et al.* 2000). Além disso, outro estudo mostrou nenhuma alteração nas variáveis imediatamente após um treino vibratório (TORVINEN *et al.*, 2002)

A melhora no desempenho físico após vibração aguda tem sido atribuída a fatores neurais, tais como a crescente sincronização das unidades motoras; potenciação do reflexo de estiramento, atividade muscular sinérgica aumentada e inibição aumentada do músculo antagonista (ADAMS *et al.*, 2009).

Após analisar os diferentes estudos realizados utilizando o treinamento vibratório na população idosa, infere-se que este assunto carece de mais pesquisas para que este equipamento possa ser utilizado com maior eficácia nesta população.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 POPULAÇÃO E AMOSTRA

População

A população envolvida no estudo foi de mulheres saudáveis com idade igual ou superior a 60 anos, residentes na cidade de Porto Alegre-RS e sua região metropolitana.

Seleção da Amostra

Para realizar a seleção da amostra foi divulgado um anúncio em um jornal de grande circulação estadual, um anúncio em um blog vinculado a este jornal e também foram distribuídos convites impressos em parques de grande circulação de pessoas ou enviados por e-mails. Estes anúncios continham um pequeno texto convidando idosas com idade igual ou superior a 60 anos para participarem voluntariamente de um estudo de mestrado que abordaria o seguinte tema: treinamento com a utilização da plataforma vibratória. No texto foi divulgado o número de telefone da pesquisadora para que as mulheres interessadas pudessem entrar em contato e obter as demais informações sobre a pesquisa e também marcar entrevista (ANEXO A).

Na entrevista foi aplicado um questionário a fim de verificar se as voluntárias encontravam-se aptas para a realização de exercícios vibratórios, ou seja, se não apresentavam nenhum fator de risco que impedisse a prática dos mesmos. Também foram feitas algumas perguntas sobre as condições gerais de saúde e sobre o histórico de exercícios físicos (ANEXO B).

Critérios de Inclusão: foram incluídas na pesquisa as mulheres com idade igual ou superior a 60 anos, consideradas saudáveis, que se disponibilizaram a participar voluntariamente do estudo e que não apresentaram nenhum fator de risco para a realização de exercícios vibratórios (cardiopatias graves, cirurgia ou implante recente, enxaqueca, epilepsia, hérnia, osteoporose, pedra nos rins/bexiga, marcapasso, trombose, pneumonia recente, infecção urinária recente, descolamento de retina, acidente vascular cerebral, infarto ou hipertensão não controlada).

Crêterios de Exclusão: foram excluídas da pesquisa as mulheres que apresentaram qualquer mal estar persistente após ou durante a realiza o dos exercícios vibratórios ou controle, as que apresentaram contraindica es médicas para a realiza o dos treinos e também as que faltaram três sessões consecutivas ou 20% do treinamento.

A amostra caracteriza-se como sendo não probabilística e de forma intencional, estabelecida por mulheres idosas. Para determinar o tamanho da amostra recorreu-se ao programa G power, versão 3.0.10 e também a um artigo de referência (REES *et al.*, 2008) com metodologia semelhante ao presente estudo. Utilizando os valores: tamanho do efeito=0,25; α = 0,05 e poder= 0,90, o número total calculado pelo *software* foi de 36 indivíduos, sendo 18 em cada grupo.

Foram selecionadas 38 mulheres e distribuídas de forma balanceada e aleatória em dois grupos com 19 integrantes cada. Os valores referentes   variável contra o voluntária máxima isométrica de extensão de joelho (CVM_{iEJ}) foi utilizado para a divisão da amostra em quartis. Após isso, os indivíduos dentro dos quartis foram alocados aleatoriamente nos grupos experimental e controle.

3.2 EQUIPAMENTOS

- Estadi metro de metal (Filizola) com resolu o de 1 mm;
- Balança analógica (Filizola) com resolu o de 0,1 kg;
- Ciclo ergômetro (Movement Technology, BM 2700);
- Plataforma vibratória de vibra o vertical (Professional TechnoPlate) de medidas 70x70x134 cm. Frequências de vibra o de 30, 35, 40 e 45 Hz e amplitudes de 1-2 mm e 3-4 mm;
- Eletromi grafo Miotool 400 (Miotec Equipamentos Biomédicos Ltda, Porto Alegre - Brasil) composto por um sistema de quatro canais, 2000 Hz por canal.
- Eletrodos bipolares Ag/AgCl (Noraxon, Scottsdale – Estados Unidos) com dimensão de 4x2,2 cm, diâmetro de 1cm e distância inter eletrodo de 2 cm.
- Multímetro digital (DT830D, Shangai – China)

- Dinamômetro isocinético (Cybex Norm, Cybex International, INC, New York – Estados Unidos)
- Aparelho de ultrassonografia (SSD 4000, ALOKA Inc., Tóquio - Japão)
- Tapete de Saltos (Jump Test Pro 1.02, Belo Horizonte - Brasil)
- Cronômetro (Casio);
- Cone plástico;
- Cadeira;
- Fita adesiva,
- Luz LED

3.3 DEFINIÇÃO OPERACIONAL DAS VARIÁVEIS

3.3.1 Variáveis Independentes

Treinamento Vibratório (TV): envolveu a realização de exercícios de força sobre uma plataforma vibratória durante 12 semanas com incremento gradual de carga através da manipulação dos exercícios (estáticos e dinâmicos) e aumento da frequência, amplitude e tempo de exposição à vibração.

Treinamento Controle (TC): envolveu a realização dos mesmos exercícios do treinamento vibratório sobre a plataforma vibratória durante 12 semanas, porém ela esteve desligada, ou seja, não houve vibração.

3.3.2 Variáveis Dependentes

Contração voluntária máxima isométrica de extensão de joelho (CVMi_{EJ}): maior valor de torque obtido pelo *software* Humac NORM 2009 de três contrações voluntárias máximas isométricas de extensão de joelho (lado direito) à 60° de flexão, realizadas no dinamômetro isocinético.

Contração voluntária máxima isométrica de flexão plantar (CVMi_{FP}): maior valor de torque obtido pelo *software* Humac NORM 2009 de três contrações voluntárias

máximas isométricas de flexão plantar (lado direito) na posição neutra, realizadas no dinamômetro isocinético.

Pico de torque isocinético de extensão de joelho à 60°/s (PT_{EJ60}): maior valor de torque obtido pelo *software* Humac NORM 2009 após cinco repetições de extensão de joelho realizadas de forma concêntrica e isocinética a uma velocidade de 60°/s no dinamômetro isocinético.

Pico de torque isocinético de extensão de joelho à 120°/s (PT_{EJ120}): maior valor de torque registrado pelo *software* Humac NORM 2009 durante cinco repetições de extensão de joelho realizadas de forma concêntrica e isocinética a uma velocidade de 120°/s no dinamômetro isocinético.

Pico de torque isocinético de flexão plantar à 30°/s (PT_{FP30}): maior valor de torque registrado pelo *software* Humac NORM 2009 após cinco repetições de flexão plantar realizadas de forma concêntrica e isocinética a uma velocidade de 30°/s no dinamômetro isocinético.

Pico de torque isocinético de flexão plantar à 60°/s (PT_{FP60}): maior valor de torque registrado pelo *software* Humac NORM 2009 após cinco repetições de flexão plantar realizadas de forma concêntrica e isocinética a uma velocidade de 60°/s no dinamômetro isocinético.

Ativação muscular do vasto lateral: valor RMS obtido pelo recorte de um segundo do sinal eletromiográfico respectivo aos maiores valores obtidos na curva da $CVMi_{EJ}$, registrados no Miograph 2.0 e analisados pelo *software* MATLAB 7.8.0.347 (R2009a).

Ativação muscular do gastrocnêmio medial: valor RMS obtido pelo recorte de um segundo do sinal eletromiográfico respectivo aos maiores valores obtidos na curva da $CVMi_{FP}$, registrados no Miograph 2.0 e analisados pelo *software* MATLAB 7.8.0.347 (R2009a).

O onset muscular engloba:

Tempo pré-motor (TPM): tempo transcorrido entre o estímulo visual e o início do sinal eletromiográfico registrado no Miograph 2.0 durante os testes de $CVMi_{EJ}$ e $CVMi_{FP}$ e analisados pelo *software* MATLAB 7.8.0.347 (R2009a).

Tempo motor (TM): tempo transcorrido entre o início do sinal eletromiográfico e o início da curva de torque registrada no Miograph 2.0 durante os testes de $CVMi_{EJ}$ e $CVMi_{FP}$ e analisados pelo *software* MATLAB 7.8.0.347 (R2009a).

Tempo de reação (TR): tempo transcorrido entre o estímulo visual e o início da curva de torque registrada no Miograph 2.0 durante os testes de CVMi_{EJ} e CVMi_{FP} e analisados pelo *software* MATLAB 7.8.0.347 (R2009a).

Taxa de produção de força (TPF): calculada a partir da CVMi, em diferentes períodos de tempo (0-50, 0-100, 0-150, 0-200 e 0-250ms). Refere-se à produção de torque (Nm) relativo ao tempo (ms) ($\Delta\text{Torque}/\Delta\text{Tempo}$) e a unidade apresentada é Nm/ms.

Espessura muscular do VL: média de cinco medidas realizadas em milímetros da distância entre a aponeurose profunda e aponeurose superficial do músculo vasto lateral utilizando o ultrassom.

Espessura muscular do GM: média de cinco medidas realizadas em milímetros da distância entre a aponeurose profunda e aponeurose superficial do músculo gastrocnêmio utilizando o ultrassom.

Ângulo de penação VL: média de três medidas do ângulo entre a aponeurose profunda do vasto lateral e a linha de inserção dos fascículos musculares medido com o ultrassom.

Ângulo de penação GM: média de três medidas ângulo entre a aponeurose profunda do gastrocnêmio medial e a linha de inserção dos fascículos musculares medido com o ultrassom.

Comprimento do fascículo VL: média de três medidas do comprimento da trajetória fascicular estimada entre a inserção do fascículo nas aponeuroses superficial e profunda do músculo vasto lateral medido com o ultrassom.

Comprimento do fascículo GM: média de três medidas do comprimento da trajetória fascicular estimada entre a inserção do fascículo nas aponeuroses superficial e profunda do músculo gastrocnêmio medial medido com o ultrassom.

Altura do salto vertical: maior valor obtido pelo *software Jump Test* após cinco saltos verticais com contra-movimento (*Counter movement jump* - CMJ) realizados sobre um tapete de saltos.

Teste de sentar e levantar da cadeira em 30s: maior número de repetições que foram realizadas do movimento levantar e sentar em um período de tempo de 30 segundos em três tentativas.

Teste de levantar, deslocar-se contornando um obstáculo e sentar: menor tempo atingido para levantar de uma cadeira, deslocar-se por 2,44 metros e sentar novamente em três tentativas.

3.3.3 Variáveis de Caracterização da Amostra

- Idade (em anos)
- Estatura (em centímetros)
- Massa corporal (quilogramas)
- IMC (quilogramas por metro quadrado)

3.4 DESENHO EXPERIMENTAL SIMPLIFICADO

Quadro 3. Desenho experimental

	Seg	Qua	Sex
Semana 1	Familiarização Pré-teste		Familiarização Pré-teste
Semana 2 a 6	Treino	Treino	Treino
Semana 7	Testes intermediários		
Semana 8 a 10	Treino	Treino	Treino
Semana 11	Treino mais teste agudo		
Semana 12	Treino	Treino	Treino
Semana 13	Pós-testes		

Seg (segunda-feira), Qua (quarta-feira) e Sex (sexta-feira)

3.5 ROTINAS E PROTOCOLOS

Nas entrevistas foram selecionadas 38 idosas que não apresentaram fatores de risco para realizar os testes e o treinamento físico do estudo. Após a assinatura do termo de consentimento livre e esclarecido (ANEXO C), elas iniciaram a participação no estudo. Todos os testes foram realizados no Laboratório de Pesquisa do Exercício (LAPEX) e os treinos na sala de musculação, ambos situados no Campus Olímpico da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Os testes que envolveram maiores esforços físicos (PT, CVMi) foram realizados nos dias e horários em que o médico do LAPEX estava presente, sendo estes de segunda a quinta-feira das 8h e 30min às 12h e nas sextas-feiras das 14h às 18h.

Este projeto foi avaliado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da UFRGS e aprovado sob registro número 21252 (ANEXO D).

3.5.1 Realização de familiarização e pré-testes

Na semana de familiarização e avaliações os sujeitos foram instruídos a comparecerem na sala 109 do LAPEX com roupas adequadas para a realização das mesmas (bermuda ou calça larga, camiseta ou regata, tênis e cabelo preso).

No primeiro dia de avaliação foi realizada a medida antropométrica, a medida da arquitetura e espessura muscular, o salto vertical e os testes funcionais. A familiarização de cada teste foi feita antes da avaliação dos mesmos, à exceção da medida no ultrassom, a qual não é necessária familiarização.

Na familiarização a idosa foi instruída verbalmente como executar os testes e também foi realizada uma demonstração dos avaliadores. Logo após a explicação e demonstração, foi solicitada a execução do movimento pela avaliada, o número de vezes que fosse necessário até que seu desempenho estivesse correto. Caso fosse preciso mais de cinco repetições do teste para a técnica ser executada de forma correta, outra sessão de familiarização seria feita, porém isso não ocorreu.

Medida antropométrica

A medida da estatura foi realizada com a voluntária de pés descalços e em um estadiômetro com precisão de 0,1mm e, a de massa corporal total, em uma balança com 0,1 kg de precisão. A avaliada fez as medidas com as roupas que estava usando para os testes. O índice de massa corporal (IMC) foi calculado através da equação: massa corporal (kg) x estatura(m)⁻².

Medida da arquitetura muscular dos músculos: vasto lateral e gastrocnêmio medial

A arquitetura muscular foi avaliada por meio de um aparelho de ultrassonografia (SSD 4000, ALOKA Inc., Tóquio, Japão) e uma sonda de arranjo linear (60 mm, 7,5 MHz, ALOKA Inc., Tóquio, Japão). A sonda foi embebida em um

gel de transmissão solúvel em água promovendo contato acústico sem deprimir a superfície da pele, e posicionada paralelamente à direção das fibras musculares.

As imagens de arquitetura muscular foram obtidas no mesmo local pré e pós-treinamento seis e 12 semanas. Para isso foram utilizados mapas, confeccionados de material transparente, nos quais foram marcados os locais de obtenção de imagens, juntamente com referências anatômicas e marcas da pele.

A arquitetura do músculo vasto lateral foi obtida com o indivíduo deitado em decúbito dorsal, com o joelho estendido e o quadril mantido em posição neutra. As imagens foram obtidas no centro do ventre muscular (REEVES *et al.*, 2004).

Para a avaliação da arquitetura do músculo gastrocnêmio medial os indivíduos foram posicionados sentados com o joelho mantido estendido (zero graus) e o tornozelo na posição neutra (90 graus, tibia paralela ao solo), da mesma forma que nos estudos conduzidos por Karamanidis & Arampatzis (2006). O procedimento de ultrassonografia foi feito por meio da captura de imagens no plano sagital mediano, ao nível de 50% do ventre muscular (KUBO *et al.*, 2003).

As imagens obtidas foram armazenadas no aparelho de ultrassonografia para posterior análise. O *software* utilizado para tanto foi o Image-J (National Institute of Health, USA) (ABELLANEDA *et al.*, 2009).

A distância entre a aponeurose profunda e aponeurose superficial foi adotada como a espessura da camada muscular isolada (KUBO *et al.*, 2003). O ângulo entre a aponeurose profunda do músculo estudado e a linha de inserção dos fascículos musculares foi considerado como sendo o ângulo de penação. O comprimento das fibras musculares foi definido como o comprimento da trajetória fascicular entre a inserção do fascículo nas aponeuroses superficial e profunda dos músculos estudados.

Foram obtidos, em cada imagem, três valores referentes ao comprimento de fascículo e ângulo de penação, e cinco valores de espessura muscular. A partir destes valores foram calculadas as médias para cada parâmetro e assim obtidas as medidas de arquitetura muscular.

Medida de salto vertical com contra movimento

Cinco minutos após a familiarização deste teste, foi feita a sua avaliação. Para a realização do salto com contra-movimento, o indivíduo foi posicionado de pé

sobre o tapete de contato *Jump Test*, com os pés afastados na linha dos ombros. As mãos ficaram sobre a cintura, com o intuito de diminuir a participação dos membros superiores durante o salto (Figura 1).

Ao comando do avaliador o indivíduo executou um salto o mais alto possível (flexionando os joelhos e imediatamente estendendo-os) e a sua aterrissagem foi dentro dos limites do tapete. A flexão dos joelhos durante a fase de voo foi evitada.

Foram realizados três saltos sobre o tapete de contato com 1 min de intervalo entre eles. Não houve restrição para o ângulo do joelho na realização da fase excêntrica do CMJ. O maior valor de altura computado em centímetros (cm) no programa *Jump test pro 1.02* foi utilizado para as comparações posteriores.

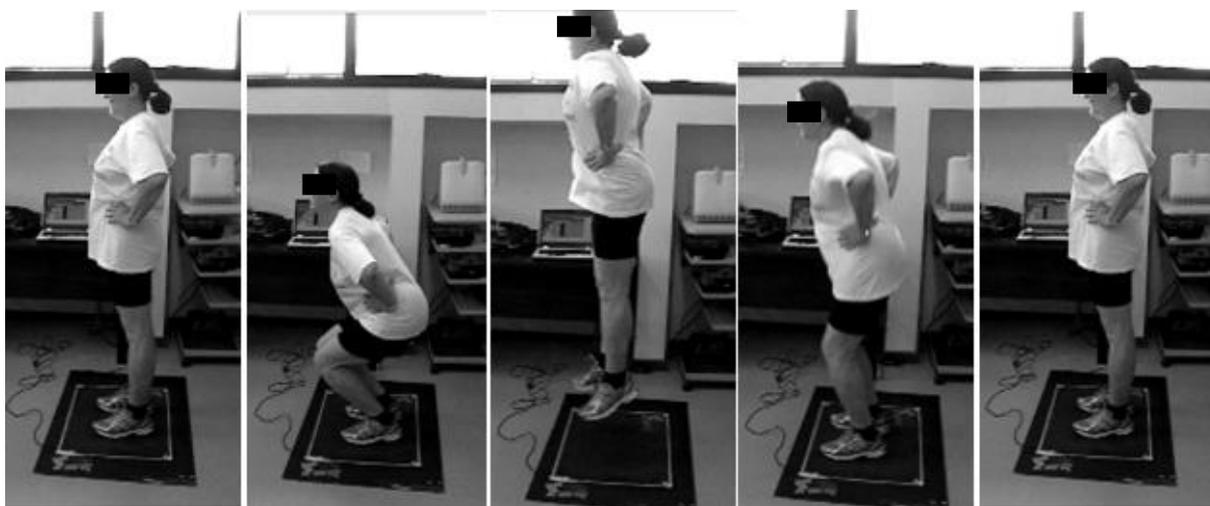


Figura 1. Teste de salto vertical com contra-movimento (CMJ)

Teste de levantar, contornar obstáculo e sentar

Cinco minutos após a familiarização das idosas com este teste, elas realizaram a avaliação. O primeiro teste funcional foi constituído do número máximo de segundos necessários para a idosa levantar-se de uma posição sentada (com as costas apoiadas no encosto da cadeira, os pés posicionados em paralelo sobre o chão e os braços cruzados na altura do peito para não haver auxílio das mãos), caminhar em torno de 2,44 m, e retornar à posição sentada inicial (Anexo E). Os indivíduos tiveram três tentativas para executarem o teste com dois minutos de intervalo entre as tentativas e o menor tempo de execução foi utilizado para análises posteriores (BOTTARO *et al.*, 2007; RIKKLI & JONES, 1999).

Sentar e levantar

Cinco minutos após a familiarização das idosas com este teste, elas realizaram a avaliação. O sujeito foi posicionado sentado em uma cadeira com as costas apoiadas no encosto da cadeira, os pés posicionados em paralelo sobre o chão e os braços cruzados na altura do peito (Figura 2). Ao sinal verbal do avaliador, a participante levantou-se sem o auxílio das mãos, para uma posição ereta (joelhos e quadril estendidos) e em seguida, retornou para a posição inicial sentada com as costas apoiadas no encosto da cadeira (Anexo E). Essas repetições de levantar e sentar foram executadas o maior número de vezes possível em um tempo total de 30s (CAO *et al.*, 2002; EARLES *et al.*, 2002; RIKKLI & JONES, 2002). O teste foi realizado três vezes com um tempo de intervalo de 3 minutos entre eles, sendo que o maior número de repetições alcançado foi então utilizado para o estudo.



Figura 2. Posição inicial dos testes de levantar e sentar e levantar, contornar obstáculo e sentar.

O segundo dia de avaliação foi realizado com um intervalo de no mínimo 48 horas em relação às primeiras avaliações. Neste dia foram realizadas as medidas que utilizavam os equipamentos dinamômetro isocinético e eletromiógrafo. A familiarização dos testes de força foi realizada no mesmo dia da avaliação, cinco minutos antes da sua gravação efetiva. Caso em até três vezes a técnica não fosse executada de forma correta, outra sessão de familiarização seria feita, porém isso não foi necessário. O estudo de Lanza *et al.* (2003) apresenta alta reprodutibilidade ($r=0,99$) da avaliação isométrica e isocinética de extensão de joelho em idosas

testadas em dois dias, com nenhum efeito do dia ou *trial* na produção de torque. O índice de correlação encontrado foi de 0,88.

Pico de torque, contração voluntária máxima isométrica, ativação muscular, taxa de produção de força e *onset* muscular medidos durante movimento de extensão do joelho

Cada indivíduo foi posicionado sentado e estabilizado com cintos e velcros no dinamômetro isocinético (Cybex Norm, *Cybex International, INC, Ronkonkoma, New York, USA*). A inclinação do encosto da cadeira foi de 85°, o epicôndilo lateral do joelho direito foi alinhado ao eixo de rotação do dinamômetro e o suporte do braço de alavanca fixado dois dedos acima do maléolo medial da tíbia (figura 3). Após o posicionamento do indivíduo na cadeira, foram feitas marcações utilizando uma caneta marcadora sobre a pele, nos pontos de colocação dos eletrodos de superfície (VL e maléolo lateral da fíbula). O ponto de referência utilizado para marcar o ventre do VL foi de 8 a 10 cm acima da borda da patela seguindo a direção da sua origem (Leis e Trapani, 2000). Para verificar se a marcação estava correta, foi solicitado à participante que fizesse uma contração voluntária do músculo quadríceps e o local de maior volume no lado do VL teria que coincidir com o ponto desenhado. Após a verificação, foi feita a raspagem de pelos com aparelho de barbear descartável, abrasão com álcool e algodão e colagem do eletrodo sobre o ponto desenhado na direção as fibras do músculo.

Foram utilizados eletrodos de configuração bipolar (Noraxon-EUA) e o nível de resistência entre os eletrodos foi medido, controlado e mantido abaixo de 3000 Ohms (NARICI *et al.*, 1989), por meio de verificação feita por um multímetro. Além disso, um eletrodo de referência foi colocado sobre o maléolo lateral da fíbula. Na sequência, foi delimitada a amplitude angular do movimento de extensão e flexão do joelho: de 0° (extensão total do joelho) a 90° (flexão) e foi feito o procedimento técnico de correção de gravidade no ângulo de 45°.

Os indivíduos realizaram 10 repetições concêntricas de extensão e flexão de joelho na velocidade de 180°/s, para aquecimento articular e 120 s após o aquecimento, iniciaram os testes. Primeiro foram realizados os testes isocinéticos de PT, para tanto, foram realizadas cinco contrações concêntricas máximas de

extensão do joelho na velocidade de 60°/s e 120 s após, o mesmo movimento, porém na velocidade de 120°/s.

Após três minutos de descanso foi realizado o teste isométrico. Para tanto, o braço de alavanca foi conduzido automaticamente pelo equipamento até o ângulo de 60°, onde foi travado. Como estímulo para iniciar o movimento foi acesa uma luz LED, controlada pela avaliadora. Esta luz estava posicionada na parede cerca de um metro e meio em frente à face da avaliada. A idosa foi instruída a realizar a máxima força, o mais rápido possível para estender o joelho imediatamente ao ver o acendimento da luz e permanecer fazendo força até que os estímulos verbais dos avaliadores cessassem (5 s). Os estímulos verbais foram dados após o registro de força aparecer na tela do computador, ou seja, foi após o acendimento do LED.



Figura 3. Ilustração da posição do indivíduo no dinamômetro isocinético para realizar os testes de extensão de joelho.

Ao final da avaliação, o posicionamento dos eletrodos foi mapeado por meio de marcas realizadas na pele de cada indivíduo com caneta retroprojetora, bem como o desenho destas em folha de papel transparente, proposto por Narici *et al.* (1989). Durante a avaliação os valores registrados pelo dinamômetro isocinético foram transmitidos, simultaneamente ao sinal EMG coletado pelo eletromiógrafo e

pulso elétrico, para um conversor analógico/digital (Miograph). Este conversor transmitiu os dados (torque, sinal EMG e pulso elétrico) para uma única placa de aquisição, possibilitando o armazenamento dos dados obtidos em diferentes instrumentos de medida em um mesmo arquivo. Foi efetuada a aquisição das curvas de torque e EMG do VL com uma frequência de amostragem de 2000 Hz por canal (DE LUCA, 1997). Para análise de dados os arquivos foram transformados em formato txt e exportados para o programa MATLAB.

Para a análise da CVMi foi utilizado filtro passa baixa de 15 Hz. Após, foi realizada a análise da variação do torque em relação ao tempo para cálculo da taxa de produção de força em períodos de 50ms de zero até 250ms (0-50, 0-100, 0-150, 0-200, 0-250 ms).

Para a correção do *onset* do sinal eletromiográfico, foi realizado o ajuste da linha de base. Em seguida, foi utilizado um filtro passa-banda com frequências de corte entre 20 Hz e 400 Hz. O valor de RMS do VL foi calculado durante a CVMi. Após, foi adotado um recurso de análise visual de dois avaliadores experientes para a determinação do estímulo visual, início da ativação muscular e início da curva de torque.

A determinação do tempo pré-motor (TPM) em milissegundos (ms) foi estabelecido pelo sinal emitido pelo LED até o início do sinal EMG, o tempo motor (TM) em milissegundos (ms) foi estabelecido pela entrada do sinal eletromiográfico dos músculos até o início da elevação do torque e o tempo de reação (TR) em milissegundos (ms) foi estabelecido do estímulo visual até o início da curva de torque (Figuras 5 e 6).

Pico de torque, contração voluntária máxima isométrica, ativação muscular, taxa de produção de força e *onset* muscular medidos durante movimento de flexão plantar

Imediatamente após a realização dos testes de extensão de joelho, o indivíduo foi posicionado deitado em decúbito ventral no dinamômetro isocinético (Cybex Norm, *Cybex International, INC, Ronkonkoma, New York, USA*). A inclinação do encosto da cadeira foi de 0°, o maléolo lateral da fíbula do membro direito foi alinhado ao eixo de rotação do dinamômetro e o suporte do braço de alavanca fixado com velcros no pé na posição neutra de 0°. Após o posicionamento da

avaliada na cadeira, foram feitas marcações utilizando uma caneta marcadora sobre a pele, nos pontos de colocação dos eletrodos de superfície. O ponto de referência utilizado para marcar o ventre do GM foi da maior volume medial durante a realização da flexão plantar (Leis e Trapani, 2000). Para verificar se a marcação estava correta, foi solicitado à participante que fizesse mais uma contração voluntária do músculo gastrocnêmio e o local de maior volume no lado medial teria que coincidir com o ponto desenhado. Após a verificação, foi feita a raspagem de pelos com aparelho de barbear descartável, abrasão com álcool e algodão e colagem do eletrodo sobre o ponto desenhado na direção das fibras do músculo.

Foram utilizados eletrodos de configuração bipolar Ag/AgCl (Noraxon, Scottsdale - USA) e o nível de resistência entre os eletrodos foi medido, controlado e mantido abaixo de 3000 Ohms (NARICI *et al.*, 1989), por meio de verificação feita por um multímetro. Além disso, o eletrodo de referência utilizado no teste anterior permaneceu sobre o maléolo lateral da fíbula.

Após o posicionamento no equipamento, estabilização com velcros e colocação de eletrodos, foi delimitada a amplitude angular do movimento de flexão plantar: de -20° (flexão dorsal) a 30° (flexão plantar) e foi feito o procedimento técnico de correção de gravidade no ângulo de 30° (figura 4).

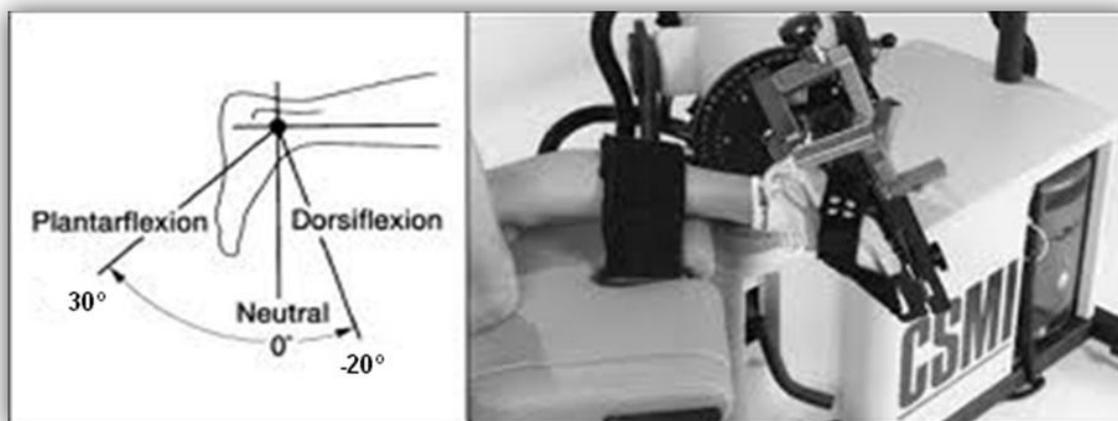


Figura 4. Posicionamento da articulação do tornozelo e amplitude angular utilizada nos testes dinâmicos.

Os indivíduos realizaram 10 repetições concêntricas de flexão dorsal e plantar na velocidade de $90^{\circ}/s$, para aquecimento articular e 120 segundos após o aquecimento, iniciaram os testes. Primeiro foram realizados os testes isocinéticos de pico de torque; para tanto, foram realizadas cinco contrações concêntricas máximas

de flexão plantar na velocidade de 30°/s e 120 segundos após, o mesmo movimento, porém na velocidade de 90 °/s.

Após três minutos de descanso foi realizado o teste isométrico. Para tanto, o braço de alavanca foi conduzido automaticamente pelo equipamento até o ângulo de 0° (posição neutra), onde foi travado. Como estímulo para iniciar o movimento foi acesa uma luz LED, controlada pela avaliadora. Esta luz estava posicionada na parede cerca de um metro e meio em frente a face da avaliada. A idosa foi instruída a realizar a máxima força, o mais rápido possível para fazer a flexão plantar imediatamente ao ver o acendimento da luz e permanecer fazendo força até que os estímulos verbais dos avaliadores cessassem (5 s). Os estímulos verbais foram dados após o registro de força aparecer na tela do computador, ou seja, foi após o acendimento do LED.

Ao final da avaliação, o posicionamento dos eletrodos foi mapeado por meio de marcas realizadas na pele de cada indivíduo com caneta retroprojetora, bem como o desenho destes em folha de papel transparente, proposto por Narici *et al.* (1989).

Durante as avaliações que utilizaram o dinamômetro isocinético, os valores captados pelo Cybex Norm foram transmitidos, simultaneamente ao sinal EMG coletado pelo eletromiógrafo e pulso elétrico, para um conversor analógico/digital (Miograph). Este conversor transmitiu os dados (torque, sinal EMG e pulso elétrico) para uma única placa de aquisição, possibilitando o armazenamento dos dados obtidos em diferentes instrumentos de medida em um mesmo arquivo. Foi efetuada a aquisição das curvas de torque e EMG do GM com uma frequência de amostragem de 2000 Hz por canal (DE LUCA, 1997). Para análise de dados os arquivos foram transformados em formato txt e exportados para o programa MATLAB.

Para a análise da CVMi foi utilizado filtro passa baixa de 15 Hz. Após, foi realizada a análise da variação do torque em relação ao tempo para cálculo da taxa de produção de força em períodos de 50ms de zero até 250 ms (0-50, 0-100, 0-150, 0-200, 0-250 ms).

Para a correção do *onset* do sinal eletromiográfico, foi realizado o ajuste da linha de base. Em seguida, foi utilizado um filtro passa-banda com frequências de corte entre 20 Hz e 400 Hz. O valor de RMS do GM foi calculado durante a CVMi. Após, foi adotado um recurso de análise visual de dois avaliadores experientes para

a determinação do início do estímulo visual, da ativação muscular e da curva de torque.

A determinação do tempo pré-motor (TPM) em milissegundos (ms) foi estabelecido pelo sinal emitido pelo LED até o início do sinal EMG, o tempo motor (TM) em milissegundos (ms) foi estabelecido pela entrada do sinal eletromiográfico dos músculos até o início da elevação do torque e o tempo de reação (TR) em milissegundos (ms) foi estabelecido do estímulo visual até o início da curva de torque (Figuras 5 e 6).

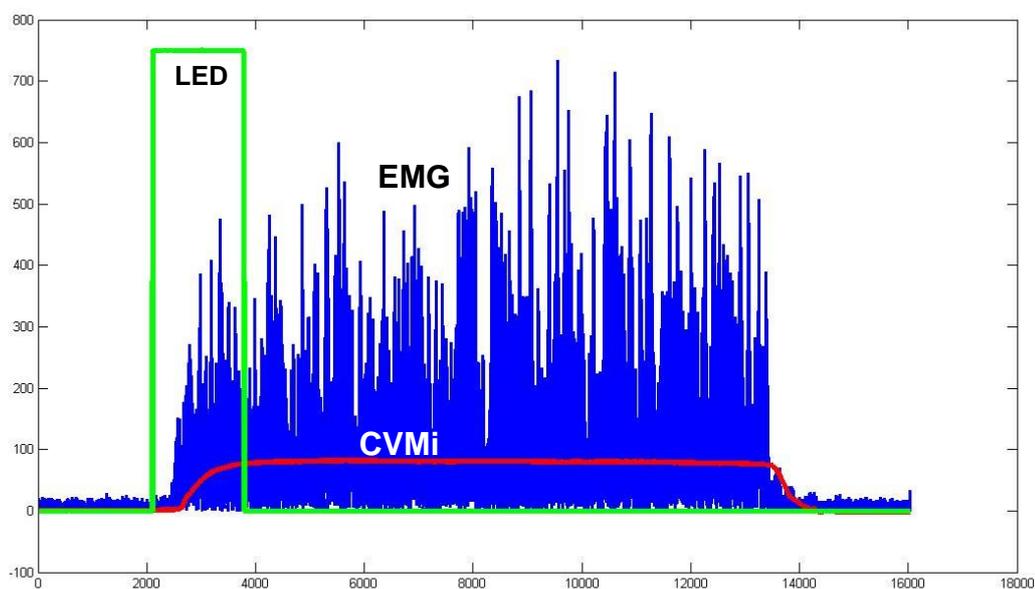


Figura 5. Imagem da análise de dados realizada no programa MATLAB. Nesta aparece os sinais de: estímulo visual (luz LED) em verde, sinal eletromiográfico em azul e sinal do torque em vermelho.

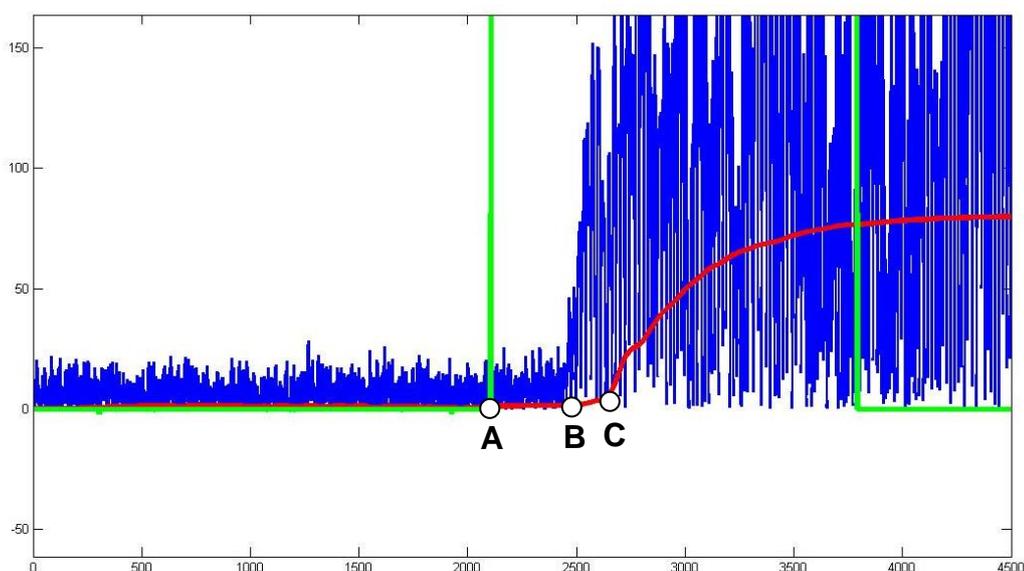


Figura 6. Aproximação da imagem da análise de dados realizada no programa MATLAB para ilustrar a determinação dos pontos de *onset* muscular. Tempo pré-motor (A-B), tempo motor (B-C) e tempo de reação (A-C).

3.5.2 Realização do Treinamento vibratório e treinamento controle

Todos os treinamentos foram realizados na sala de musculação, onde estava localizada a plataforma vibratória. As sessões de treino foram aplicadas e supervisionadas por três instrutores experientes e o treinamento foi realizado durante 12 semanas com uma frequência de três vezes por semana. Foi indicado aos indivíduos que viessem sempre aos treinos com roupa adequada à prática de atividade física.

Antes do início de cada treino, as idosas fizeram aquecimento de 5 minutos em um cicloergômetro pedalando em intensidade leve e, logo após, com o auxílio de um instrutor, realizaram os exercícios prescritos para cada dia. Salienta-se que nos pés elas não usaram calçado, fizeram o treino somente com meias ou descalças.

A prescrição dos exercícios realizados na plataforma vibratória foram baseados nos estudos de Bautmans *et al.* (2005), Bogaerts *et al.* (2007), Rees *et al.* (2008) e Machado *et al.* (2010) e, desta forma, foram divididos em estáticos e dinâmicos.

Estáticos (E): os indivíduos se posicionaram de forma estática em cima da plataforma e permaneceram imóveis durante a aplicação da vibração.

- Em pé com os joelhos levemente flexionados (E1)
- Agachamento com os joelhos flexionados a 100° (E2)
- Passada (E3)
- Elevação dos pés em meia ponta com os joelhos levemente flexionados (E4)
- Equilíbrio em um pé só com os joelhos levemente flexionados (E5)

Dinâmicos (D): os indivíduos foram instruídos a realizarem os exercícios no momento em que a vibração iniciasse, sendo esses movimentos realizados com um tempo de 2s para cada uma das fases, concêntrica e excêntrica. O visor da própria plataforma e os instrutores auxiliaram no controle da velocidade do movimento.

- Elevação dos pés dinâmica em meia ponta com os joelhos levemente fletidos (D1)
- Agachamento – joelhos até aproximadamente 90° (D2)
- Afundo frontal (D3)
- Afundo lateral (D4)

- Agachamento combinado com elevação em meia ponta (D5)

A ilustração dos exercícios que foram realizados está no Anexo F.

Quadro 4. Descrição do treinamento na plataforma vibratória

Semana	Série	Exercício	Frequência	Amplitude	Tempo	Tempo
1	3x	E1,E4	30Hz	2mm	30s	60s
2	3x	E2,E3	30Hz	2mm	30s	60s
3	2x	E2,E5,D1	30Hz	5mm	30s	60s
4	2x	E4,E3,D2	30Hz	5mm	45s	60s
5	2x	E1,E2,D3	35Hz	2mm	45s	60s
6	3x	E3,E5,D4	35Hz	2mm	45s	60s
7	3x	E3,D1,D2	35Hz	5mm	45s	60s
8	2x	D1,D2,D3	35Hz	5mm	60s	60s
9	2x	D2,D3,D4	40Hz	2mm	60s	60s
10	3x	D1,D2,D4	40Hz	2mm	60s	60s
11	2x	D1,D2,D3,D5	40Hz	5mm	70s	60s
12	2x	D1,D2,D3,D4,D5	40Hz	5mm	70s	60s

Os exercícios foram E: estáticos e D: dinâmicos. E1: Em pé com os joelhos levemente flexionados E2: agachamento com os joelhos flexionados a 100° E3: passada, E4: elevação dos pés em meia ponta e E5: equilíbrio em um pé só. D1: Elevação dos pés em meia ponta – pés alternados ou não, D2: agachamento, D3: Subir e descer da plataforma com pés alternados, D4: passada lateral subindo e descendo da plataforma e D5: agachamento mais elevação dos pés em meia ponta.

O tempo médio, referente à primeira sessão de treino foi de aproximadamente 15 min e o tempo médio, referente à última sessão de treino foi de aproximadamente 40 min. Após a execução dos treinos foram realizados exercícios de alongamento para os principais grupos musculares utilizados.

3.5.3 Testes intermediários

Após seis semanas de treinamento os dois grupos realizaram os mesmos testes feitos no início do estudo a fim de verificar se a vibração adicionada aos exercícios já havia gerado diferenças nas respostas neuromusculares e funcionais das idosas em comparação ao período pré-treino.

3.5.4 Teste agudo de salto vertical

Na décima primeira semana de treinamento, as idosas tanto do grupo vibração quanto do grupo controle foram submetidas a um teste de salto vertical (CMJ) juntamente ao treinamento. Este teste foi aplicado imediatamente antes e após a sessão de treino referente à semana 11. O protocolo de teste do salto vertical foi o mesmo realizado no pré-teste e o maior valor foi considerado. Esta foi uma medida aguda que representa a potência muscular.

3.5.5 Pós- testes

Após as 12 semanas de treinamento os dois grupos realizaram os mesmos testes feitos no início do estudo a fim de verificar se a vibração adicionada aos exercícios gerou diferenças nas respostas neuromusculares e funcionais das idosas.

3.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para análise estatística foi utilizado o *software* SPSS 17.0. Foi realizada a estatística descritiva (média e desvio padrão) para descrever e caracterizar a amostra e para testar as diferenças das variáveis dependentes entre os grupos, nos diferentes momentos (pré, pós-6 e pós-12) foi utilizada a estatística inferencial.

Inicialmente foi realizada a análise exploratória dos dados com intuito de verificar a normalidade da distribuição dos resultados. Esta normalidade foi averiguada com o teste de Shapiro-Wilk e a simetria da curva, testada pelo cociente da Skewness pelo erro padrão (*error Standard*). Na sequência foram realizados os seguintes testes inferenciais: Análise de variância (ANOVA) de medidas repetidas de um fator para medir as mudanças das variáveis dependentes ao longo do treinamento no grupo vibração e controle e Teste-t independente para verificar as diferenças entre os grupos vibração e controle em cada um dos momentos avaliados. Cabe destacar que foram escolhidos estes dois testes em função do número de indivíduos avaliados ser diferente para os grupos.

Com relação à ANOVA de medidas repetidas, a esfericidade foi medida com o teste de Mauchly e quando o teste apresentou $p < 0,05$ foi utilizado o fator de correção de Greenhouse e Geisser. Para verificar diferenças específicas entre os momentos foi aplicado o teste *post-hoc* de Bonferroni.

Para o estudo agudo, os dados também apresentaram normalidade e foi utilizado o Teste-t pareado para comparar os valores de salto pré e pós-treino e o Teste-t independente para comparação das médias entre os grupos vibração e controle.

Foi adotado como nível de significância $\alpha \leq 0,05$.

4 RESULTADOS

Neste capítulo serão descritos os resultados obtidos nas 21 variáveis avaliadas no presente trabalho. Cabe destacar que os resultados não são apresentados na mesma ordem descrita anteriormente nos materiais e métodos para facilitar o entendimento do leitor e posterior discussão.

A amostra inicial foi de 38 idosas; porém, somente 23 concluíram o estudo. Três mulheres foram excluídas em função de problemas de saúde: uma após apresentar mal estar depois de uma das sessões de treino (grupo controle), uma por ter realizado uma cirurgia na planta do pé (grupo controle) e uma por recomendação médica após apresentar dores persistentes no corpo em decorrência da fibromialgia (grupo vibração). Além disso, 13 idosas saíram do estudo por motivos pessoais de origem variada (viagem, doença de familiares, dificuldade de deslocamento, outros compromissos no horário do treino...). Sendo assim, o grupo vibração teve 14 indivíduos e o grupo controle teve nove indivíduos.

O Quadro 5 apresenta as variáveis de caracterização da amostra separadas em grupo vibração e controle.

Quadro 5. Médias e desvios-padrão das variáveis de caracterização da amostra.

	Grupo Vibração (n=14)	Grupo Controle (n=9)
Idade (anos)	63,57±4,52	64,56±4,50
Massa corporal (Kg)	62,43±8,75	70,00±6,15
Estatura (m)	1,58±0,04	1,58±0,08
IMC (Kg/m ²)	24,89±3,09	28,01±3,06

A Tabela 1 apresenta os resultados obtidos com as seguintes variáveis: contração voluntária máxima isométrica da extensão de joelho, flexão plantar e respectivos valores de ativação muscular. A média dos resultados obtidos nos testes de CVMi mostra que não há diferença significativa tanto na CVMi_{EJ} como na CVMi_{FP} entre os grupos, nos três momentos em que foram avaliados. Também não foi encontrada diferença das mesmas variáveis para cada um dos grupos vibração e controle ao longo do treinamento.

Foi calculada a diferença percentual entre o início e o final do treinamento para a variável CVMi. Após 12 semanas foi encontrado, em média, aumento na

CVMi_{EJ} de 8,39%(±15,04) e 5,84%(±14,8) para os grupos vibração e controle, respectivamente. Um aumento percentual semelhante durante o mesmo período de treino também foi encontrado na CVMi_{FP}, sendo 8,80%(±27,07) e 6,19%(±18,36), respectivamente para os grupos vibração e controle.

Os valores médios de EMGrms medidos nos músculos VL e GM durante a extensão de joelho e flexão plantar, respectivamente, não apresentaram diferenças significativas entre os grupos vibração e controle nos três momentos de avaliação. A ativação muscular também não mostrou diferença para cada grupo ao longo das 12 semanas de treinamento.

Tabela 1. Valores médios e desvios-padrão (DP) da contração voluntária máxima isométrica (CVMi) e ativação muscular (EMGrms) – Resultados da extensão de joelho (CVMi_{EJ}) e flexão plantar (CVMi_{FP}).

	MOMENTO	VIBRAÇÃO	CONTROLE
		Média ± DP	Média ± DP
CVMi_{EJ} (Nm)	Pré	112,61 ± 29,83	99,38 ± 19,67
	Pós 6	118,93 ± 24,99	101,37 ± 18,53
	Pós 12	125,36 ± 30,41	109,10 ± 21,77
EMGrms – VL (µV)	Pré	1.073 ± 121	1.171 ± 186
	Pós 6	1.224 ± 109	1.100 ± 142
	Pós 12	1.227 ± 148	1.241 ± 233
CVMi_{FP} (Nm)	Pré	50,24 ± 17,53	50,77 ± 17,64
	Pós 6	57,42 ± 17,51	54,43 ± 14,20
	Pós 12	56,74 ± 16,65	55,39 ± 11,58
EMGrms – GM (µV)	Pré	1.249 ± 477	1.242 ± 163
	Pós 6	1.447 ± 497	1.329 ± 337
	Pós 12	1.389 ± 543	1.178 ± 543

VL= vasto lateral e GM= gastrocnêmio medial.

As Figuras 7 e 8 apresentam os valores individuais de CVMi_{EJ} e CVMi_{FP} realizadas antes e após 12 semanas de treinamento nos grupos vibração e controle, respectivamente. É possível observar que para as duas articulações tanto o grupo vibração como o grupo controle não apresentam um padrão de resposta ao treinamento, sendo encontrados: aumento, redução e igualdade de pico de torque em ambos comparando os valores pré e pós-intervenção.

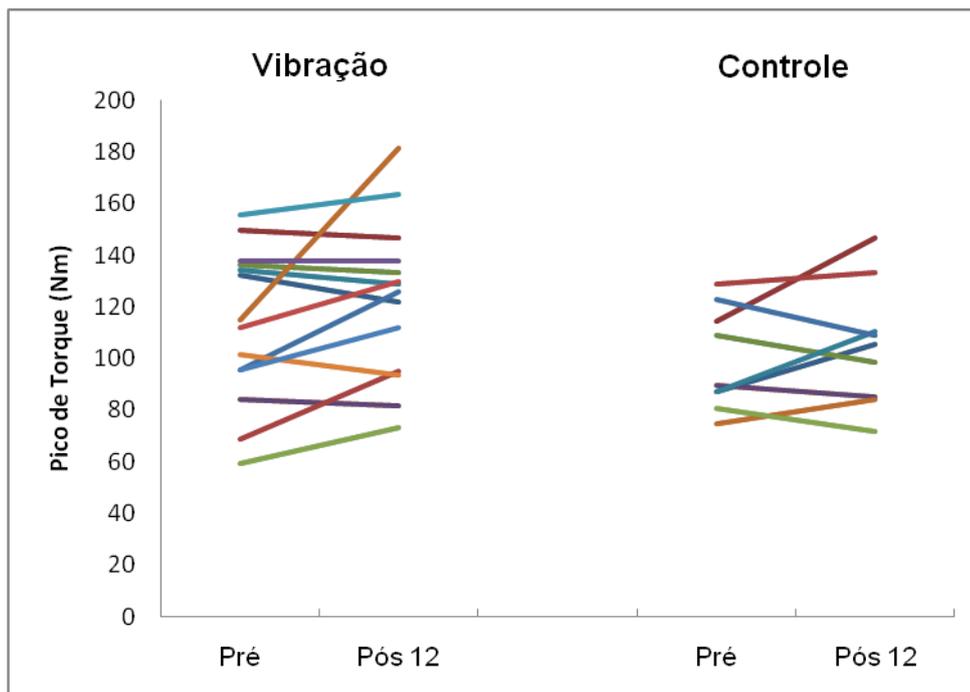


Figura 7. Comportamento individual da contração voluntária máxima isométrica de extensão de joelho nos grupos controle e vibração antes (Pré) e após 12 semanas de treino (Pós 12).

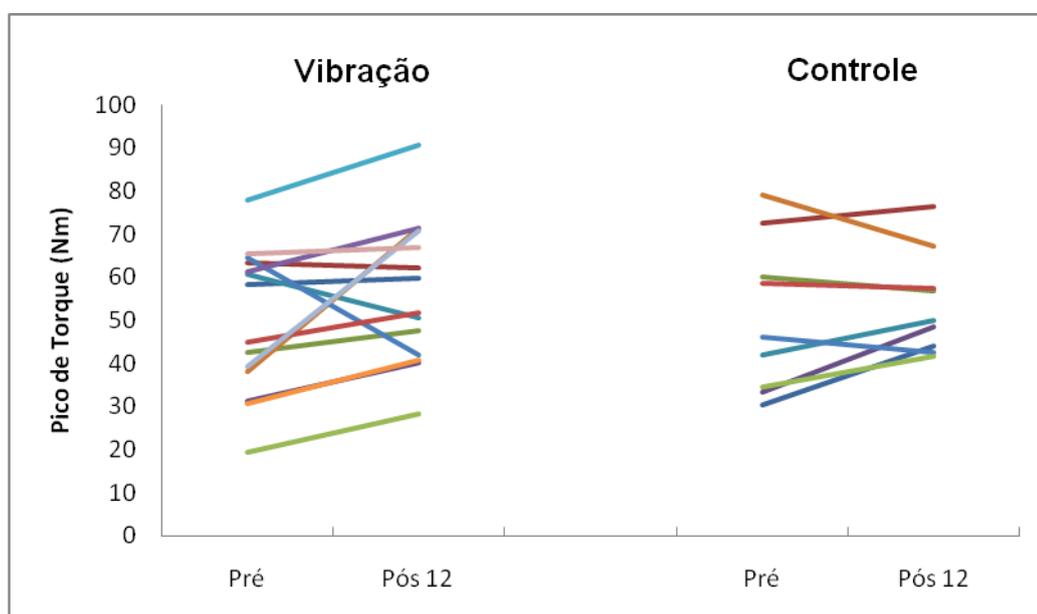


Figura 8. Comportamento individual da contração voluntária máxima isométrica de flexão plantar nos grupos controle e vibração antes (Pré) e após 12 semanas de treino (Pós 12).

A Tabela 2 apresenta os valores médios das seguintes variáveis: tempo pré-motor, tempo motor e tempo de reação obtidos na $CVMi_{EJ}$ e $CVMi_{FP}$. Os resultados de *onset* muscular medidos no músculo VL não apresentaram diferenças

significativas para tempo pré-motor, tempo motor e tempo de reação ao longo das 12 semanas de treino para ambos os grupos. Também não foi encontrada diferença para estas variáveis entre os grupos nos diferentes momentos.

Com relação aos valores de *onset* muscular medido no músculo GM, não foram encontradas diferenças significativas no tempo pré-motor, tempo motor e tempo de reação entre os grupos nos diferentes momentos. Porém, o grupo que realizou treinamento vibratório mostrou diferença na variável tempo motor ($[F(2,18)=4,104; p=0,034, \eta^2=0,313, \text{poder observado}=0,651]$), do momento pré-treino para o momento pós-treino de 12 semanas. O grupo controle não mostrou alteração significativa dos seus valores neste período.

Tabela 2. Valores médios e desvios-padrão (DP) do *onset* muscular do vasto lateral (VL) e gastrocnêmio medial (GM) durante os testes de CVMi_{EJ} e CVMi_{FP}.

	MOMENTO	VIBRAÇÃO	CONTROLE
		Média ± DP	Média ± DP
Tempo pré-motor - VL (s)	Pré	0,24 ± 0,06	0,23 ± 0,08
	Pós 6	0,27 ± 0,07	0,25 ± 0,09
	Pós 12	0,29 ± 0,12	0,27 ± 0,14
Tempo motor - VL (s)	Pré	0,07 ± 0,03	0,07 ± 0,02
	Pós 6	0,06 ± 0,02	0,06 ± 0,03
	Pós 12	0,08 ± 0,06	0,06 ± 0,02
Tempo de reação - VL (s)	Pré	0,30 ± 0,06	0,28 ± 0,06
	Pós 6	0,33 ± 0,08	0,30 ± 0,11
	Pós 12	0,36 ± 0,10	0,34 ± 0,14
Tempo pré-motor - GM (s)	Pré	0,21 ± 0,05	0,23 ± 0,06
	Pós 6	0,22 ± 0,10	0,29 ± 0,11
	Pós 12	0,27 ± 0,15	0,32 ± 0,12
Tempo motor - GM (s)	Pré	0,07 ± 0,01	0,08 ± 0,04
	Pós 6	0,08 ± 0,03	0,08 ± 0,03
	Pós 12	0,06 ± 0,03*	0,07 ± 0,03
Tempo de reação - GM (s)	Pré	0,31 ± 0,07	0,31 ± 0,10
	Pós 6	0,30 ± 0,09	0,38 ± 0,14
	Pós 12	0,32 ± 0,15	0,39 ± 0,12

* Indica diferença significativa em relação ao valor pré ($p \leq 0,05$) do mesmo grupo.

As Figuras 9 e 10 apresentam os valores médios de pico de torque de extensão de joelho medidos nas velocidades de 60°/s e 120°/s, respectivamente. Os resultados relacionados à produção de torque dinâmico mostram que para o movimento de extensão de joelho, tanto na velocidade lenta como na velocidade rápida, não houve diferença entre os grupos vibração e controle nos três momentos em que foram avaliados. Além disso, também não houve alterações significativas das médias destas variáveis para cada grupo ao longo do período de treinamento.

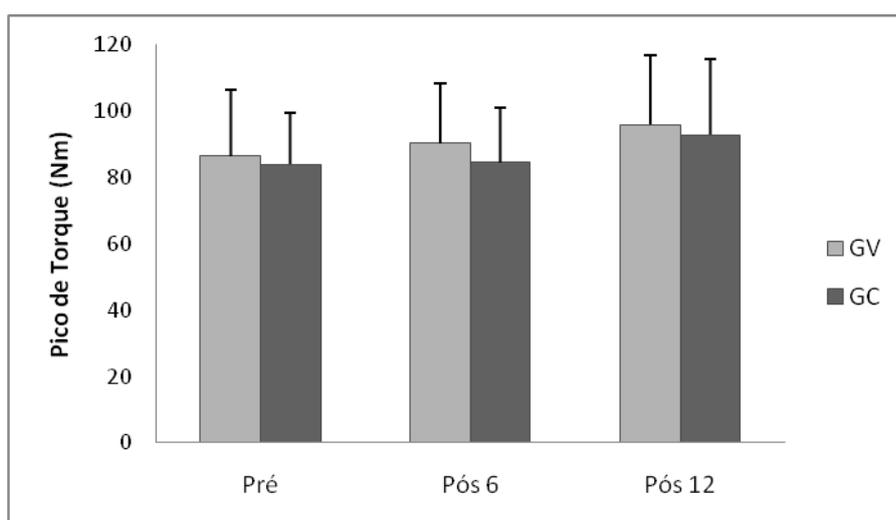


Figura 9. Pico de torque de extensão de joelho realizada a 60°/s nos grupos vibração (GV) e controle (GC) durante os momentos pré-treino (Pré), pós 6 semanas (Pós 6) e pós 12 semanas de treino (Pós 12).

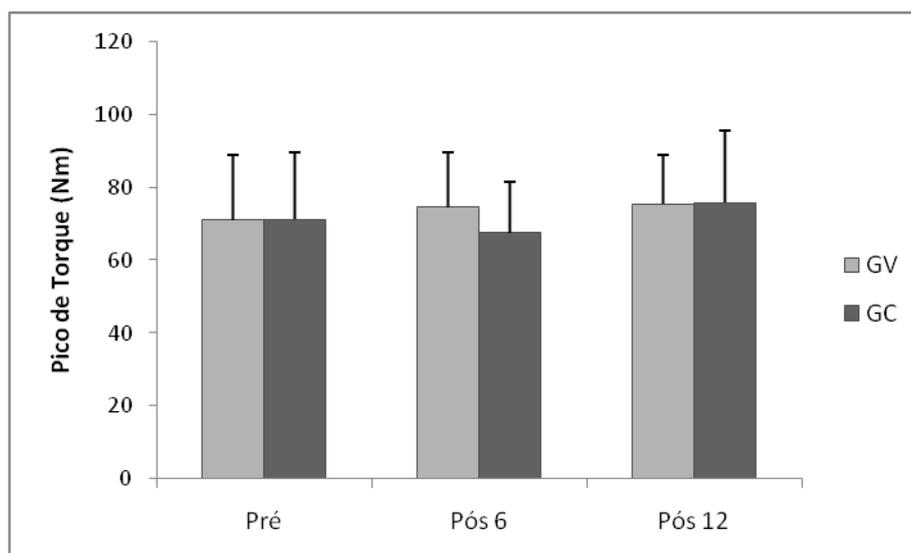


Figura 10. Pico de torque de extensão de joelho realizada a 120°/s nos grupos vibração (GV) e controle (GC) durante os momentos pré-treino (Pré), pós 6 semanas (Pós 6) e pós 12 semanas de treino (Pós 12).

As Figuras 11 e 12 apresentam as médias dos valores de pico de torque de flexão plantar medidos nas velocidades de 30°/s e 60°/s, respectivamente. Os resultados relacionados à produção de torque dinâmico mostram que para o movimento de flexão plantar tanto na velocidade lenta como na velocidade rápida não houve diferença entre os grupos vibração e controle nos três momentos em que foram avaliados. Porém, o grupo vibração apresentou aumento no pico de torque tanto a 30°/s ([F(2,26)= 7,265; p=0,003, $\eta^2=0,358$, poder observado=0,906]) como 60°/s ([F(2,26)= 6,926; p=0,004, $\eta^2=0,348$, poder observado=0,891]) do momento pré-treino para o momento pós-treino de 12 semanas. O grupo controle não mostrou alteração significativa.

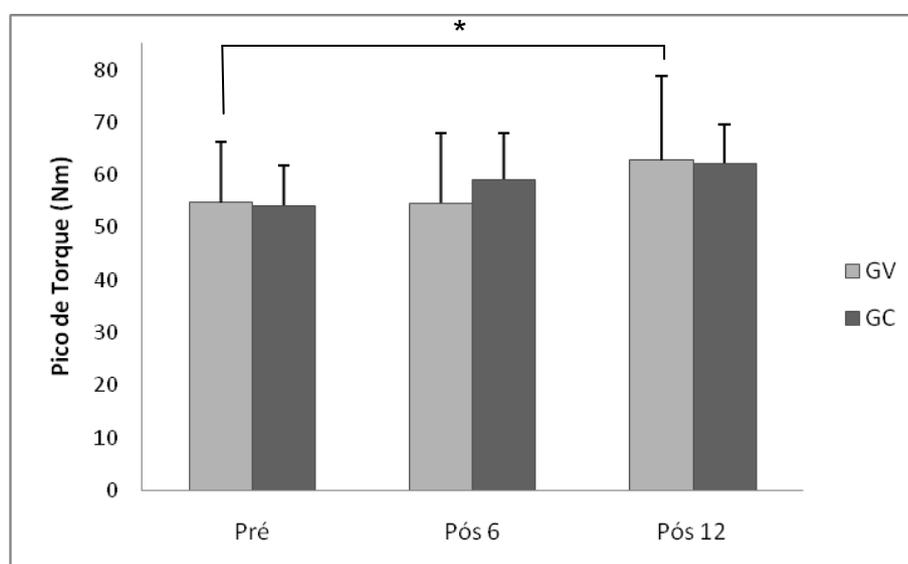


Figura 11. Pico de torque de flexão plantar realizada a 30°/s nos grupos vibração (GV) e controle (GC) durante os momentos pré-treino (Pré), pós 6 semanas (Pós 6) e pós 12 semanas de treino (Pós 12). * Indica diferença significativa em relação ao valor pré ($p \leq 0,05$) do mesmo grupo.

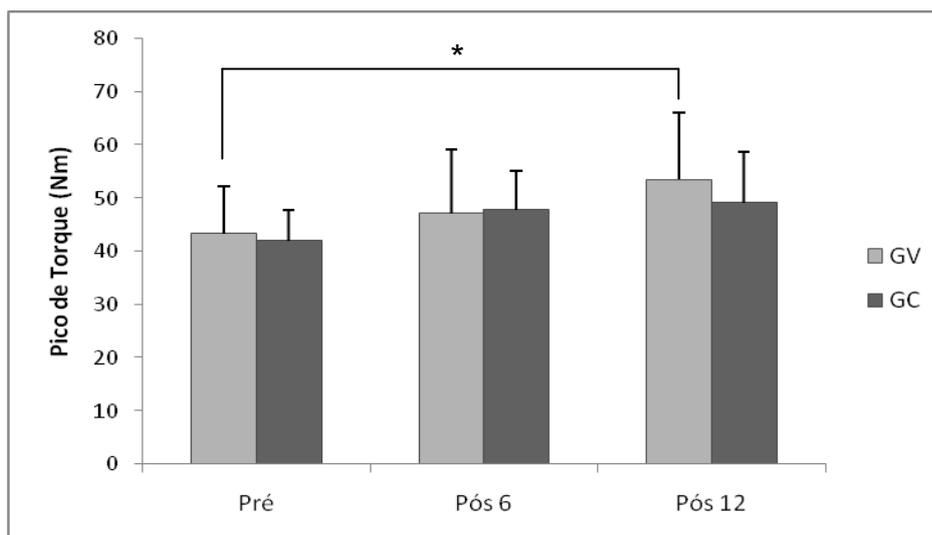


Figura 12. Pico de torque de flexão plantar realizada a 60°/s nos grupos vibração (GV) e controle (GC) durante os momentos pré-treino (Pré), pós 6 semanas (Pós 6) e pós 12 semanas de treino (Pós 12). * Indica diferença significativa em relação ao valor pré ($p \leq 0,05$) do mesmo grupo.

Em valores percentuais, pode-se observar incremento no PT_{EJ60} de 9,08%(±13,22) e 6,44%(±9,13) para os grupos vibração e controle, respectivamente, após 12 semanas de treinamento. Para a variável PT_{FP30} o aumento percentual foi maior, sendo 21,26%(±11,32) e 12,84%(±16,19) para os grupos vibração e controle, respectivamente. Em ambos os testes (EJ e FP) não houve diferença entre os grupos. Para os testes realizados com maior velocidade o incremento de torque para extensão de joelho a 120°/s, após 12 semanas, foi de 6,73%(±10,92) e 3,42%(±12,29) para os grupos vibração e controle respectivamente. Já o incremento de torque para flexão plantar a 60°/s, após o mesmo período de treino, foi de 17,17%(±22,34) para o grupo vibração e 13,11%(±17,44) para o grupo controle.

A Tabela 3 apresenta os valores de arquitetura muscular dos músculos vasto lateral e gastrocnêmio medial. Foi encontrado aumento no ângulo de penação do VL tanto para o grupo vibração ($[F(2,22)= 15,618; p < 0,001, \eta^2=0,587, \text{ poder observado}=0,998]$) como para o grupo controle ($[F(2,14)= 8,740; p=0,003, \eta^2=0,555, \text{ poder observado}=0,927]$), após 6 e 12 semanas de exercícios. O grupo controle mostrou diferença em relação ao grupo vibração na avaliação intermediária, apresentando maior ângulo de penação do VL ($[t(18)= 2,533; p=0,021]$), porém na avaliação final não foram encontradas diferenças significativas entre eles. O comprimento de fascículo do VL não apresentou alteração significativa em decorrência do treinamento tanto para o grupo vibração como controle, bem como não diferiu entre eles.

Os grupos apresentaram diferença de espessura muscular do VL somente antes do treino, sendo o grupo controle de maior espessura ([$t(18)= 2,675$; $p=0,015$]). Após a realização do treino não foram encontradas diferenças de espessura muscular entre os grupos. Com a realização dos exercícios, o grupo vibração apresentou aumento da espessura muscular ([$F(2,22)= 7,872$; $p=0,003$, $\eta^2=0,417$, poder observado=0,922]), enquanto o grupo controle não mostrou aumento significativo desta variável. O músculo GM não apresentou mudanças significativas de arquitetura muscular tanto com a realização de exercícios vibratórios como com a realização de exercícios sem a vibração.

Tabela 3. Valores médios e desvios-padrão (DP) da arquitetura muscular. Ângulo de penação, comprimento de fascículo e espessura muscular dos músculos vasto lateral (VL) e gastrocnêmio medial (GM).

	MOMENTO	VIBRAÇÃO Média ± DP	CONTROLE Média ± DP
Ângulo de penação - VL (graus)	Pré	10,16 ± 2,12	12,03 ± 1,74
	Pós 6	12,24 ± 1,91*	14,62 ± 2,26*†
	Pós 12	12,40 ± 2,51*	14,22 ± 2,35*
Comprimento de fascículo - VL (mm)	Pré	0,21 ± 0,03	0,21 ± 0,01
	Pós 6	0,21 ± 0,05	0,20 ± 0,03
	Pós 12	0,20 ± 0,04	0,19 ± 0,03
Espessura muscular - VL (mm)	Pré	14,60 ± 3,03	17,70 ± 1,48†
	Pós 6	16,45 ± 3,40*	18,90 ± 1,89
	Pós 12	16,69 ± 3,63*	18,45 ± 2,40
Ângulo de penação - GM (graus)	Pré	18,14 ± 3,85	20,24 ± 2,81
	Pós 6	19,46 ± 2,83	20,49 ± 2,82
	Pós 12	19,15 ± 4,00	21,10 ± 3,13
Comprimento de fascículo - GM (mm)	Pré	0,14 ± 0,03	0,14 ± 0,02
	Pós 6	0,13 ± 0,02	0,13 ± 0,02
	Pós 12	0,14 ± 0,02	0,13 ± 0,03
Espessura muscular - GM (mm)	Pré	16,88 ± 1,75	18,07 ± 2,58
	Pós 6	17,09 ± 1,84	18,20 ± 2,58
	Pós 12	16,80 ± 2,18	18,15 ± 2,61

* Indica diferença significativa em relação ao valor pré ($p \leq 0,05$) do mesmo grupo.

† Indica diferença significativa em relação ao outro grupo ($p \leq 0,05$) para o mesmo momento.

A Figura 13 apresenta os resultados de deslocamento vertical obtidos com a execução do salto com contra-movimento. Foi observada diferença entre os dois grupos antes de treinamento, sendo o grupo vibratório com maior valor ([$t(21) = -2,138$; $p = 0,044$]), porém, nos momentos pós-treino os grupos não apresentaram diferença significativa. Com o decorrer do treinamento o GV não mostrou incremento significativo; porém, o GC apresentou aumento do deslocamento vertical após seis e 12 semanas de treino ([$F(2,16) = 15,891$; $p < 0,001$, $\eta^2 = 0,665$, poder observado = 0,997]).

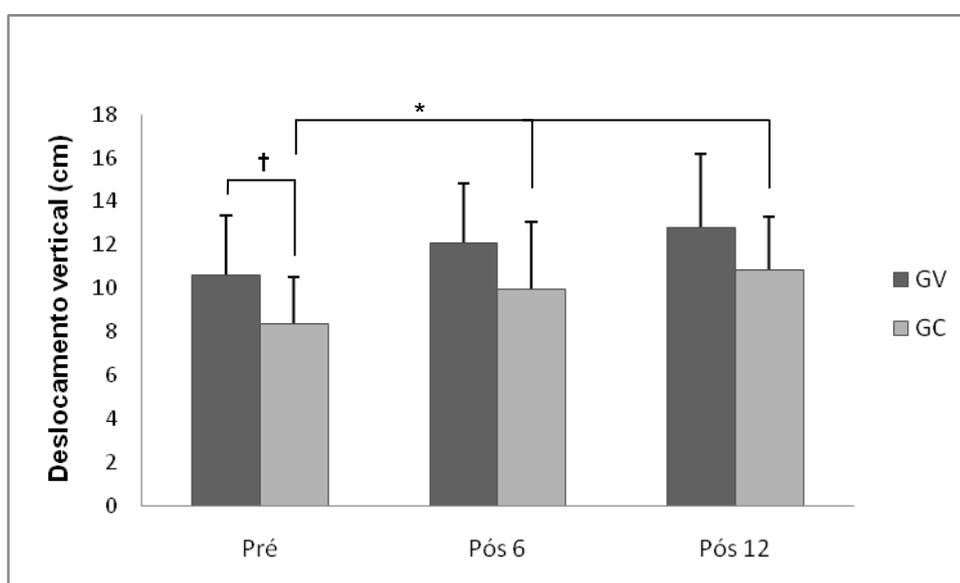


Figura 13. Valores médios de deslocamento vertical (cm) do salto com contra-movimento no grupo vibração (GV) e grupo controle (GC) nos três momentos pré-treino (Pré), pós 6 semanas (Pós 6) e pós 12 semanas de treino (Pós 12). * Indica diferença significativa em relação ao valor pré ($p \leq 0,05$) do mesmo grupo. † Indica diferença significativa em relação ao outro grupo ($p \leq 0,05$) para o mesmo momento.

A Figura 14 apresenta os resultados obtidos no teste funcional de sentar e levantar; neste teste, tanto o grupo vibração como o grupo controle apresentaram melhora no desempenho em decorrência do treinamento. O GV mostrou valores mais elevados após seis semanas de treino ([$F(2,26) = 28,159$; $p < 0,001$, $\eta^2 = 0,684$, poder observado = 1]) e o GC somente mostrou aumento significativo após 12 semanas de treino ([$F(2,16) = 21,926$; $p = 0,001$, $\eta^2 = 0,603$, poder observado = 0,985]). Salienta-se que não houve diferença para esta variável entre os grupos nos três momentos avaliados.

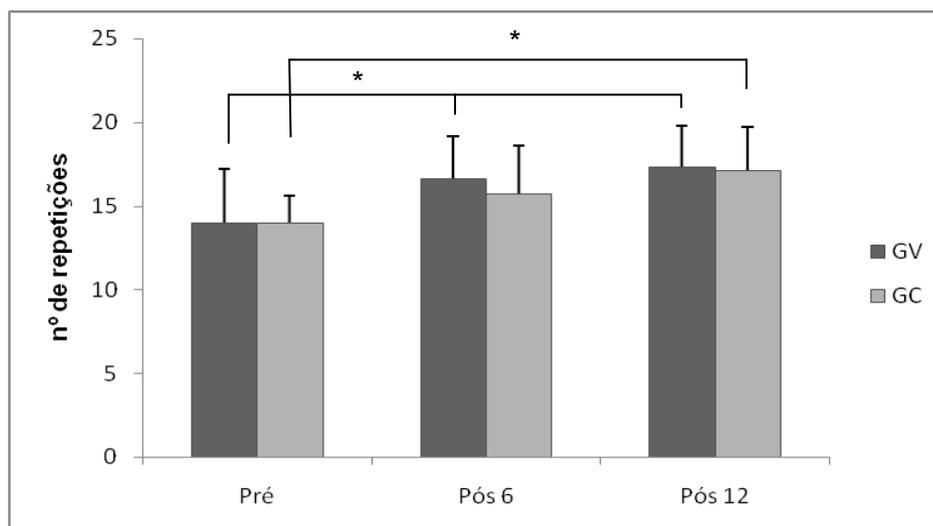


Figura 14. Valores médios do número de repetições do teste funcional de sentar e levantar no grupo vibração (GV) e grupo controle (GC) nos três momentos pré-treino (Pré), pós 6 semanas (Pós 6) e pós 12 semanas de treino (Pós 12). * Indica diferença significativa em relação ao valor pré ($p \leq 0,05$) do mesmo grupo.

A Figura 15 apresenta os resultados do teste de levantar, contornar obstáculo e sentar. Não foram encontradas diferenças significativas entre os grupos nos três momentos de avaliação. Analisando cada grupo separadamente, foi visto que o GV apresentou melhora do desempenho deste teste ($[F(2,26) = 6,740; p = 0,004, \eta^2 = 0,341, \text{poder observado} = 0,883]$) após 6 semanas de treino, e o GC não apresentou alterações significativas nos diferentes momentos.

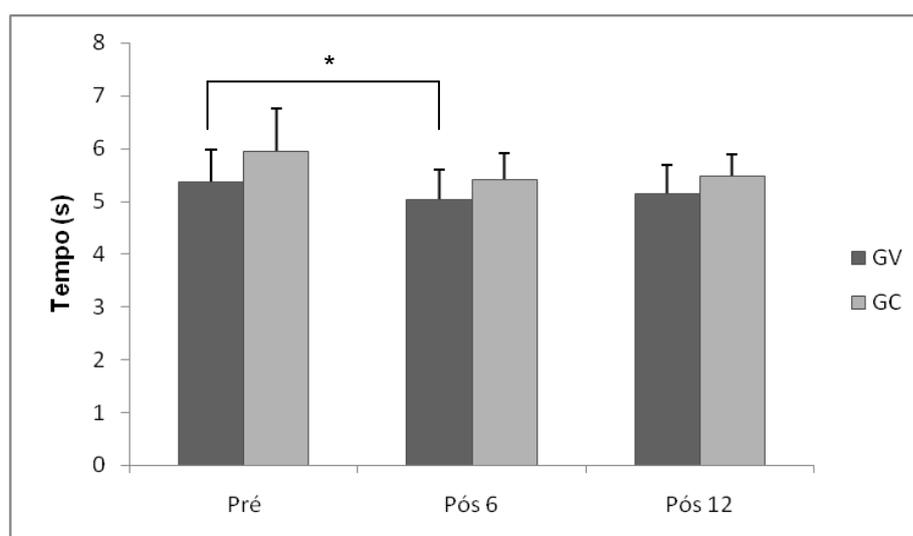


Figura 15. Valores médios de tempo em segundos(s) do grupo vibração (GV) e grupo controle (GC) para completar o teste *Up and Go* nos três momentos pré-treino (Pré), pós 6 semanas (Pós 6) e pós 12 semanas de treino (Pós 12). * Indica diferença significativa em relação ao valor pré ($p \leq 0,05$) do mesmo grupo.

A Tabela 4 apresenta os valores de taxa de produção de força de extensão do joelho divididos em cinco janelas de 50 ms. Observa-se que os maiores valores de taxa de produção de força aparecem nos dois primeiros recortes, de 0-50 ms e 0-100 ms para ambos os grupos. Não foram encontradas diferenças significativas da taxa de produção de força de 0-50 a 0-250 ms nas avaliações realizadas após seis e 12 semanas de treino tanto para o grupo controle como vibração, assim como não foram identificadas diferenças entre os grupos nos diferentes momentos.

Tabela 4. Valores médios e desvios-padrão (DP) da taxa de produção de força (TPF) de extensão de joelho isométrica avaliados nos momentos pré-treino (Pré), pós 6 semanas (Pós 6) e pós 12 semanas de treino (Pós 12).

	MOMENTO	VIBRAÇÃO	CONTROLE
		Média ± DP	Média ± DP
TPF 0-50ms (Nm.ms⁻¹)	Pré	342,97 ± 209,66	352,05 ± 176,63
	Pós 6	469,28 ± 208,59	295,10 ± 204,92
	Pós 12	394,20 ± 256,17	371,10 ± 247,81
TPF 0-100ms (Nm.ms⁻¹)	Pré	390,78 ± 199,46	314,95 ± 147,94
	Pós 6	413,72 ± 201,80	291,05 ± 174,45
	Pós 12	393,39 ± 213,21	376,81 ± 211,70
TPF 0-150ms (Nm.ms⁻¹)	Pré	312,13 ± 132,83	275,52 ± 87,12
	Pós 6	379,67 ± 136,83	263,99 ± 147,91
	Pós 12	375,64 ± 171,94	341,35 ± 145,83
TPF 0-200ms (Nm.ms⁻¹)	Pré	316,69 ± 138,67	251,57 ± 71,38
	Pós 6	337,57 ± 115,48	245,15 ± 122,00
	Pós 12	332,21 ± 136,06	313,55 ± 116,91
TPF 0-250ms (Nm.ms⁻¹)	Pré	291,83 ± 126,12	239,41 ± 64,73
	Pós 6	310,40 ± 95,55	231,77 ± 106,51
	Pós 12	305,72 ± 105,81	289,76 ± 96,37

A Tabela 5 apresenta os valores de taxa de produção de força de flexão plantar divididos em cinco janelas de 50 ms. Observa-se que os maiores valores de taxa de produção de força aparecem nos três primeiros recortes, de 50ms a 150ms para ambos os grupos. Não foram encontradas diferenças significativas da taxa de produção de força de 0-50 a 0-250 ms nas avaliações realizadas após seis e 12 semanas de treino, tanto para o grupo controle como vibração, assim como não foram identificadas diferenças entre os grupos nos diferentes momentos.

Tabela 5. Valores médios e desvios-padrão (DP) da taxa de produção de força (TPF) de flexão plantar isométrica avaliados nos momentos pré-treino (Pré), pós 6 semanas (Pós 6) e pós 12 semanas de treino (Pós 12).

	MOMENTO	VIBRAÇÃO	CONTROLE
		Média ± DP	Média ± DP
TPF 0-50ms (Nm.ms ⁻¹)	Pré	159,88 ± 79,65	149,26 ± 79,59
	Pós 6	156,27 ± 77,57	196,49 ± 105,82
	Pós 12	172,74 ± 79,97	154,08 ± 71,19
TPF 0-100ms (Nm.ms ⁻¹)	Pré	165,83 ± 80,28	146,09 ± 70,13
	Pós 6	170,70 ± 77,54	195,12 ± 95,50
	Pós 12	189,30 ± 78,58	164,90 ± 66,05
TPF 0-150ms (Nm.ms ⁻¹)	Pré	151,56 ± 74,19	137,89 ± 58,16
	Pós 6	161,27 ± 71,31	174,56 ± 76,41
	Pós 12	181,69 ± 66,32	160,85 ± 57,93
TPF 0-200ms (Nm.ms ⁻¹)	Pré	135,68 ± 65,41	129,51 ± 49,15
	Pós 6	146,04 ± 61,82	158,10 ± 60,86
	Pós 12	169,42 ± 51,91	147,07 ± 45,27
TPF 0-250ms (Nm.ms ⁻¹)	Pré	124,44 ± 59,44	123,08 ± 41,09
	Pós 6	135,64 ± 55,75	148,77 ± 48,96
	Pós 12	157,57 ± 43,52	135,13 ± 35,54

A Figura 16 apresenta os resultados do salto com contra-movimento antes e após uma sessão aguda de treino. Não foram encontradas diferenças significativas de deslocamento vertical após a realização do treinamento para os dois grupos, assim como não houve diferença entre eles no resultado desta avaliação.

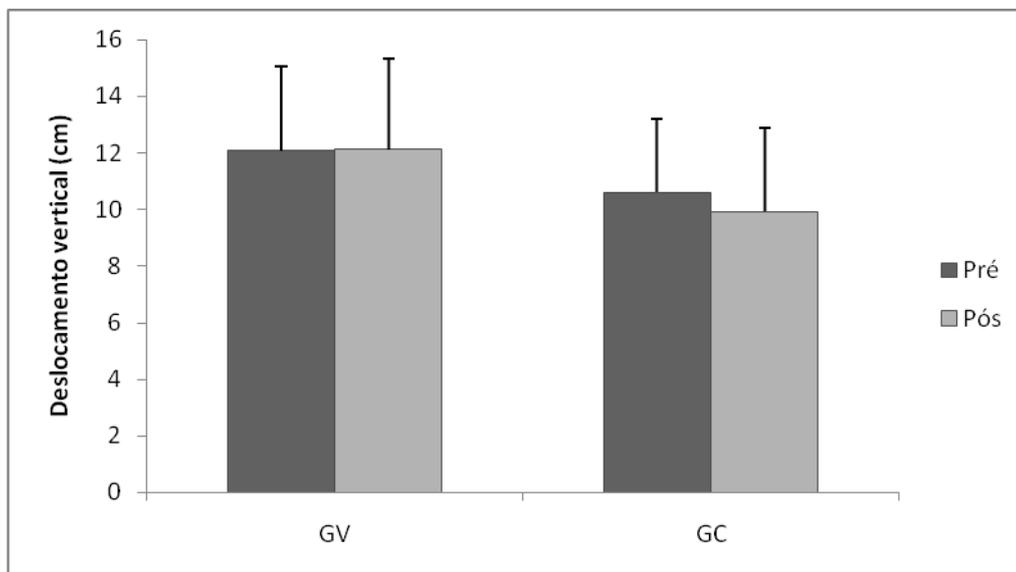


Figura 16. Valores médios de deslocamento vertical (cm) do salto com contra-movimento após uma sessão de treino. São apresentados o grupo vibração (GV) e o grupo controle (GC) nos dois momentos de avaliação: pré-treino (Pré) e pós-treino (Pós) agudo.

5 DISCUSSÃO

Uma das hipóteses deste estudo é de que haveria maior aumento de força, potência, ativação muscular e melhor desempenho nas atividades funcionais para as idosas que realizassem o treinamento na plataforma vibratória, em comparação àquelas que realizassem o treinamento sem adição da vibração. Isto ocorreria porque se especula que o estímulo vibratório induz a pequenas e rápidas mudanças no comprimento das fibras musculares, o que aumenta a taxa de disparo das fibras aferentes do tipo Ia e excitação dos neurônios motores α . Deste modo, ocorreria a contração de unidades motoras homônimas, causando um fenômeno semelhante ao reflexo tônico de vibração (JORDAN *et al.*, 2005; SHINOHARA, 2005). Com a exposição frequente e controlada a este estímulo poderiam ocorrer adaptações neurais e talvez morfológicas que contribuíssem com a melhoria da força, potência e desempenho de habilidades funcionais.

Contrariando a hipótese proposta, o experimento não apresentou diferença na força, ativação muscular, *onset*, potência, arquitetura muscular e nos testes funcionais entre o grupo vibração e o grupo controle. Para algumas variáveis, após 12 semanas de treinamento, nenhum grupo apresentou alteração (Figuras 10- 11 e Tabelas 1-5), para outras variáveis os dois grupos mostraram aumentos significativos (Figura 14 e Tabela 3). E ainda em outras medidas somente um grupo mostrou melhora, enquanto o outro permaneceu sem modificações (Figuras 11-13, 15 e Tabelas 2-3). Deste modo, os resultados obtidos no presente trabalho não permitem confirmar a hipótese testada, uma vez que nenhuma das variáveis avaliadas demonstrou superioridade estatística do grupo vibração em relação ao grupo controle.

Trabalhos com metodologia similar com relação ao grupo controle, tais como os de BAUTMANS *et al.* (2005) e SILVA *et al.* (2009), também não suportam a hipótese descrita ou então, discordam parcialmente da mesma (REES *et al.*, 2007, 2008; RUSSO *et al.*, 2003; ROELANTS *et al.*, 2004; STENGEL *et al.*, 2010; VERSCHUEREN, *et al.*, 2011). As investigações que compararam os resultados obtidos de um grupo que treinou na plataforma vibratória, com outro grupo que realizou o mesmo treinamento sem a adição da vibração (REES *et al.*, 2007, 2008; BAUTMANS *et al.*, 2005) não encontraram diferença entre os dois grupos para a maioria das variáveis analisadas. Nos estudos de Rees *et al.* (2007, 2008), após oito

semanas de intervenções, não foram encontradas diferenças entre os grupos para variáveis como: testes funcionais (sentar e levantar e *TUG*) e força máxima dinâmica (PT de extensão, flexão de joelho e dorsiflexão). No estudo de Bautmans *et al.* (2005) também não foram encontradas diferenças entre os grupos para as variáveis: teste funcional (*TUG*), força dinâmica e potência no *leg press*. Estes achados, assim como os do presente trabalho, sugerem que a vibração adicionada a exercícios possui o mesmo efeito que exercícios realizados sem a vibração para o desempenho de habilidades funcionais e força dinâmica relacionada aos membros inferiores.

Vale destacar que nos estudos de Rees *et al.* (2007,2008) houve apenas uma alteração significativa entre os grupos de exercícios, o PT de flexão plantar, diferença esta que não ocorreu no experimento realizado. Os autores sugerem que embora a vibração não tenha um efeito facilitatório sobre exercícios sem sobrecarga, ela parece aumentar a força no tríceps sural em resposta ao treinamento. Este aumento poderia ser devido à proximidade deste músculo à plataforma, o qual receberia a vibração de forma mais intensa que músculos mais proximais como o quadríceps. Marín *et al.* (2012) encontraram incremento da atividade muscular de 142,7% no músculo GM e de 51,4% no VL durante a realização do exercício vibratório.

Os incrementos médios percentuais de PT de flexão plantar para o grupo vibração foram semelhantes entre os resultados desta investigação e os estudos de Rees *et al.* (2007,2008); porém, os incrementos percentuais do grupo controle foram maiores no presente estudo. Devido a esta desigualdade localizada no grupo controle é possível sugerir que, além das diferenças metodológicas visíveis entre os estudos (tipo de plataforma vibratória, amplitude de vibração, frequência), haveria também diferença na carga de treino imposta pelo próprio exercício. Isso mostra que nem sempre os diferentes resultados observados entre os treinos vibratórios ocorrem em função das variáveis do mesmo, e sim podem ocorrer em função dos exercícios propostos.

Existem, também, estudos que não suportaram a hipótese testada no presente estudo em idosos quando se comparou a adição do treinamento vibratório a outros tipos de treino (aeróbico, de força e equilíbrio). Por exemplo, em um estudo que comparou o treinamento vibratório associado a atividades físicas com um grupo controle que realizava apenas atividades físicas, verificou-se que não foram

encontradas diferenças de PT de extensão de joelho em velocidade lenta e rápida, bem como no teste funcional de levantar, percorrer uma determinada distância e sentar, após 13 semanas de treinamento (SILVA *et al.*, 2009). Noutra pesquisa, em que se comparou o treinamento vibratório com o treinamento de resistência em idosas, não foram observadas diferenças entre os grupos para as variáveis: força isométrica e dinâmica de extensão de joelho e deslocamento vertical do salto com contra-movimento, após 24 semanas (ROELANTS *et al.*, 2004). Com relação ao salto com contra-movimento, o estudo de Stengel *et al.* (2010) também não encontrou diferença desta variável para o grupo que adicionou o treinamento vibratório em suas rotinas de treino (dança, equilíbrio e treino funcional), em comparação a um grupo que somente fez o treino (dança, equilíbrio e treino funcional) e a um grupo controle. Estes achados sugerem que o treinamento vibratório comparado a atividades físicas dirigidas e ao treinamento de resistência não parece ser mais eficiente para aumentar a força muscular, potência e melhorar o desempenho em testes funcionais.

A hipótese testada no presente trabalho também não foi confirmada em estudos que realizam a comparação do treinamento vibratório com um grupo controle sem exercício. De fato, o efeito deste tipo de treinamento sobre idosos não incrementou a força nos membros inferiores (RUSSO *et al.*, 2003 e VERSCHUEREN *et al.*, 2011). A força muscular dinâmica, medida com salto sobre uma plataforma de força, não mostrou diferença significativa no grupo experimental e controle após seis meses de treinamento realizado pelos autores Russo *et al.* (2003). Após o mesmo período de treinamento que o estudo anterior, Verschueren *et al.* (2011) também não constataram aumento de força muscular nos membros inferiores, medida com o torque muscular isométrico de extensão de joelho em dinamômetro isocinético. Estes resultados sugerem que o treinamento vibratório realizado num período de seis meses não teria efeito no aumento de força máxima em idosos.

Cabe ressaltar que apesar dos resultados dos trabalhos supracitados não suportarem a hipótese que o treinamento vibratório é eficiente para melhorar a força e potência nos membros inferiores, nem o desempenho de testes funcionais, a metodologia utilizada em cada um deles é diferente, bem como o período de treinamento. Alguns estudos diferem do presente na amostra, por avaliarem pessoas com idade mais elevada (REES *et al.*, 2007;2008; BAUTMANS *et al.*, 2005; VERSCHUEREM *et al.*, 2011) ou por serem estas institucionalizadas (BAUTMANS

et al., 2005; VERSCHUEREM *et al.*, 2011). Também há diferenças na metodologia do treino: plataforma que oscila em lados alternados (REES *et al.*, 2007;2008; RUSSO *et al.*, 2003), outras frequências (REES *et al.*, 2007; 2008; RUSSO *et al.*, 2003), outras amplitudes (REES *et al.*, 2007; 2008), menor frequência semanal (SILVA *et al.*, 2009; RUSSO *et al.*, 2003), outros exercícios sobre a plataforma (REES *et al.*, 2007;2008; BAUTMANS *et al.*, 2005; SILVA *et al.* 2009) e duração total da intervenção (BAUTMANS *et al.*, 2005; ROELANTS *et al.*, 2004; RUSSO *et al.*, 2003; VERSCHUEREM *et al.*, 2011). Além disso, as avaliações utilizadas para medidas de força e potência também são diferentes (BAUTMANS *et al.*, 2005; ROELANTS *et al.*, 2004; RUSSO *et al.*, 2003).

Há também vários trabalhos que confirmaram a hipótese de que o treinamento vibratório traz benefícios para o sistema muscular (BRUYERE *et al.*, 2005; MACHADO *et al.*, 2010; RUSSO *et al.*,2003; ROELANTS *et al.*, 2004; STENGEL *et al.*, 2010). Porém, a maioria destes estudos faz comparação do treino em plataforma vibratória com um grupo controle sem qualquer intervenção. Os autores Bruyere *et al.* (2005) relatam que o grupo que realizou treinamento vibratório mais fisioterapia foram em média 13,8 s mais rápidos para realizar o teste *TUG* em comparação ao grupo que somente realizou exercícios de fisioterapia. Os resultados médios para completar este teste funcional foram 30 s, o que difere consideravelmente dos valores do presente trabalho, que foram em média 5s. Isto pode ter ocorrido em função da idade mais elevada dos sujeitos avaliados por Bruyere *et al.* (2005), que tinham em média 81,9 anos de vida e viviam em asilos. Em função destes idosos não serem fisicamente ativos, seria possível que o tempo de exercício a mais que o grupo vibração recebeu, tenha proporcionado uma melhoria do desempenho deste teste.

O estudo de Machado *et al.* (2010) mostrou em seus resultados aumento na contração voluntária máxima isométrica de extensão de quadril e joelho (leg press), aumento na área de secção transversa dos músculos vasto medial e bíceps femoral e redução do tempo para completar o teste *TUG* do grupo experimental em relação ao controle após 10 semanas de treinamento vibratório. Porém, o trabalho de Russo *et al.* (2003) apresentou aumento de outra variável, a potência muscular. Após seis meses de treino foi constatado um aumento de 5% na potência dos músculos dos membros inferiores (medida com salto sob a plataforma de força). Roelants *et al.* (2004), ao compararem o grupo vibração com o grupo controle, mostraram uma

diferença entre eles referente à força isométrica e dinâmica de extensão do joelho e potência muscular (CMJ), sendo o grupo vibração superior em todas essas variáveis. Como este ganho mostrou-se relevante nas primeiras 12 semanas de treino, os autores atribuem estes incrementos a adaptações neurais.

Com relação à força máxima isométrica de extensão de joelho, o estudo de Stengel *et al.* (2010) mostrou aumento significativo do grupo que realizou treino vibratório adicionado a exercícios de dança aeróbica, equilíbrio e treino funcional em comparação a um grupo controle ativo. Todas estas investigações mostram que o treinamento realizado na plataforma vibratória parece ser um meio efetivo para aumentar força e potência muscular nos membros inferiores, além de melhorar o desempenho de habilidades funcionais em idosas. Porém, somente com um grupo controle sem nenhuma intervenção semelhante à vibratória não é possível atribuir essas mudanças somente à vibração, pois é preciso considerar também o efeito dos exercícios realizados sobre a plataforma.

Apesar da semelhança dos resultados apresentados nos estudos citados para comprovar a eficácia da plataforma vibratória, suas metodologias diferem entre si, bem como diferem do presente estudo. O trabalho de Bruyere *et al.* (2005) difere deste por realizar o treino com pessoas mais idosas institucionalizadas, de ambos os sexos, utilizar uma frequência de vibração mais baixa (10-26 Hz), uma amplitude mais elevada (3-7 mm), somente uma posição estática, além da comparação ser realizada com um grupo que realizou exercícios de fisioterapia, assim como o grupo vibração e ter realizado esta intervenção por seis semanas. A investigação de Machado *et al.* (2010) difere da presente por ter uma amostra com média de idade mais elevada (76-79 anos), realizar a avaliação de força isométrica no equipamento *leg press*, utilizar a área de secção transversa para verificar alterações morfológicas, fazer comparação do treino com um grupo controle e realizar a intervenção por 10 semanas. O estudo de Stengel *et al.* (2010) também apresenta uma amostra com média de idade mais elevada (68 anos) que o presente (63 anos). Além disso, o treino vibratório foi adicionado a um programa de exercícios e a comparação foi feita com outro grupo que realizara o programa de exercícios e com um grupo controle sem intervenção, a frequência do treino foi de duas vezes semanais, a amplitude da vibração foi menor (1,7-2 mm), a força isométrica foi medida em um teste no equipamento *leg press* e o tempo de intervenção foi de 18 meses. As diferenças

com os protocolos do estudo de Russo *et al.* (2003) e Roelants *et al.* (2004) já foram citadas anteriormente.

O presente estudo apresentou variáveis que já haviam sido exploradas em outros estudos: o torque isométrico e dinâmico de extensão de joelho, torque isométrico e dinâmico de flexão plantar, salto com contra-movimento e testes funcionais e desta forma foi possível realizar comparações. Porém, além destas variáveis já exploradas, foram investigadas outras como: a taxa de produção de força, *onset* e arquitetura muscular, que até o presente momento não haviam sido avaliadas em idosos saudáveis após realizarem treinamento vibratório.

A TPF e *onset* muscular foram avaliados com a finalidade de observar se o treino causaria adaptações neurais no sistema muscular. Isto ocorreria porque o maior potencial deste treino parece ser o estímulo de vias reflexas. Porém, não foi comprovada nenhuma diferença significativa destas variáveis entre os grupos (GV e GC). Ressalta-se que foi observada uma redução no tempo motor durante a contração isométrica dos flexores plantares para o grupo vibração ao longo do treinamento. Essa redução no tempo motor pode ter sido decorrente do maior estímulo muscular que o GM pode ter recebido por estar mais próximo da plataforma vibratória.

Durante o treino vibratório estudos já relataram aumento da atividade muscular (MARÍN *et al.*, 2009 e HAZZEL *et al.*, 2007). Um estudo recente fez esta análise em idosos (homens e mulheres) e constatou que para a posição de agachamento realizada nas frequências de 30 e 46 Hz e respectivas amplitudes de 2,5 e 1,1 mm houve aumento significativo e semelhante da atividade muscular (MARÍN *et al.*, 2012). Os autores acreditam que a aceleração é fundamental neste tipo de treino; e como essas duas combinações produzem a mesma aceleração (40 m.s^{-2}), a resposta foi de igual magnitude. No presente estudo a atividade muscular não foi medida durante a execução dos exercícios, mas no teste de extensão de joelho e flexão plantar, e nada foi alterado após a intervenção. Desta forma é possível inferir que não há adaptação neural ao treinamento vibratório com relação à ativação muscular.

Até o presente momento foram encontrados somente dois estudos que avaliaram a taxa de produção de força relacionada ao treinamento em plataforma vibratória (TIHANYI *et al.*, 2007 e ERSKINE *et al.*, 2007). Porém, os trabalhos foram realizados com outro tipo de população e fizeram a medida desta variável após uma

sessão de treino. A intervenção de Tihanyi *et al.* (2007) foi realizada em pacientes que haviam sofrido acidente vascular cerebral (AVC) e estavam em processo de reabilitação. Para a sua amostra foi verificada aumento da TPF após uma sessão de treino em comparação a um grupo controle que também fez a intervenção, porém sem vibração. Já o estudo de Erskine *et al.* (2007) observou que após uma sessão de treino vibratório em homens jovens e saudáveis não houve incremento da TPF. Apesar das diferenças entre as amostras e a metodologia dos estudos, seria possível sugerir que o incremento desta variável ocorreria em pessoas mais debilitadas. Isto porque o presente trabalho que teve como amostra idosas saudáveis e fisicamente ativas e o estudo de Erskine *et al.* (2007), que teve como amostra homens saudáveis, não encontraram aumento da TPF. Porém, ainda são necessárias outras investigações para que esta especulação seja comprovada.

A arquitetura muscular foi avaliada com a finalidade de observar se o treinamento vibratório seria capaz de provocar adaptações morfológicas. Ou seja, se o seu estímulo promoveria a síntese protéica e aumento da área das fibras musculares. O ângulo de penação do VL aumentou para ambos os grupos. E isso pode ter ocorrido devido à sobrecarga dos exercícios de agachamento realizados utilizando somente a massa corporal de cada voluntária. O comprimento do fascículo não aumentou significativamente em nenhum grupo e a espessura muscular do VL aumentou significativamente somente para o grupo vibração, porém o incremento não chegou a diferir do grupo controle. Com a análise das respostas observadas parece que o treino vibratório não provoca sobrecarga suficiente para causar adaptações morfológicas superiores ao treino sem a vibração.

Outra hipótese deste trabalho é de que haveria aumento de potência imediatamente após uma sessão aguda de treino. Esse aumento poderia ser atribuído a fatores neurais, tais como a crescente sincronização das unidades motoras; potenciação do reflexo de estiramento, atividade muscular sinérgica aumentada; e inibição aumentada do músculo antagonista (ADAMS *et al.*, 2009). Desta forma, imediatamente após o treinamento vibratório poderia ocorrer uma potenciação pós-ativação (PAP) e a altura do salto vertical aumentar.

Contrariando a hipótese proposta, o presente trabalho não encontrou aumento da potência após uma sessão aguda de treino. De fato, a altura do salto vertical com contra-movimento não aumentou imediatamente após uma sessão de treinamento vibratório em idosas (Figura 17). Este resultado sugere que: o

treinamento pode ter sido muito intenso e ocasionado fadiga nas idosas; as idosas podem não ter respondido adequadamente a PAP, visto que com o envelhecimento já sofreram perdas de neurônios motores, ou então a plataforma vibratória não teria sido capaz de promover estímulos neuromusculares nesta população.

Até o momento não foram encontrados outros estudos que realizaram uma intervenção semelhante a do presente estudo com esta população. Ainda assim, alguns estudos realizados em jovens também contestam esta hipótese (BAGHERI *et al.*, 2011; LAMAS *et al.*, 2010 e LAMONT *et al.*, 2010). Um dos trabalhos mostra que a força de salto e a TPF do salto vertical não apresentou diferença significativa imediatamente após 15 e 40 s de exposição contínua à vibração em homens e mulheres com média de idade de 30 anos (BAGHERI *et al.* 2011). Outros autores mostram que homens treinados em força diminuíram a altura do salto vertical após diferentes protocolos de treinamento variando o tempo de exposição à vibração (30 e 60s) e a frequência (30 e 40 Hz) (LAMAS *et al.* 2010). Lamont *et al.* (2010) também não encontraram melhora no salto vertical (CMJ) de homens jovens após diferentes protocolos de treinamento envolvendo tempos contínuos e intervalados de exposição à vibração em duas frequências (30 e 50 Hz).

Não se pode efetivamente afirmar que não há incremento de potência após exposição a exercícios vibratórios, visto que há estudos que comprovam esta hipótese. Um estudo realizado em homens (31 anos de idade) mostrou que após uma sessão de treinamento vibratório com frequência de 40 Hz e amplitude de 8 mm a altura do salto vertical (CMJ) aumentou. Porém, utilizando outras frequências como 0, 30 e 35 Hz nenhuma mudança significativa ocorreu (TURNER *et al.* 2011). Já outros autores mostraram que houve aumento da altura dos saltos verticais (CMJ e SJ) após treinamento vibratório em homens jovens com frequências de 20 e 30 Hz, e uma tendência de diminuição destas variáveis utilizando frequência de treino de 40 Hz (DA SILVA *et al.* 2006). Ao analisar os resultados obtidos das intervenções agudas de vibração não é possível chegar a uma conclusão de que a plataforma vibratória é ou não efetiva para a potência muscular imediatamente após o treino, pois as respostas apresentadas foram distintas. É importante levar em consideração os protocolos diferentes. Porém, mesmo aqueles que utilizaram algo semelhante como as mesmas frequências apresentaram resultados opostos (TURNER *et al.*, 2011 e DA SILVA *et al.*, 2006). Isso coloca em questão se a vibração adicionada a

exercícios faria a ativação de vias reflexas como o reflexo tônico de vibração e também, se haveria um estímulo mínimo e/ou máximo para que isso ocorresse.

Estudos que investigaram respostas reflexas após treinamento vibratório também apresentam divergências. Estudo expôs homens e mulheres a uma sessão de treino em posição estática na plataforma vibratória (26 Hz, 5 min) e avaliaram o *twitch* muscular e reflexo patelar em três momentos após o treino (90 s, 5 min e 10 min). Foi encontrado incremento, em comparação ao grupo placebo, do pico de força de *twitch* e TPF 90 s após o treino; já o reflexo do tendão patelar não foi alterado. Nos demais momentos avaliados não foram encontradas diferenças significativas em relação às variáveis analisadas (COCHRANE *et al.*, 2010). Em outro trabalho realizado com homens treinados em força, foi feita uma intervenção na plataforma vibratória de três séries de 60s (30Hz e 4mm) na posição estática de agachamento. Imediatamente após o treino não foi encontrado aumento no torque de *twitch* ou aumento da CVM (JORDAN *et al.*, 2010). O estudo de Cochrane *et al.* (2010) indicou a presença de potenciação pós ativação (PAP), enquanto o estudo de Jordan *et al.* (2010) negou a presença de PAP logo após a sessão de treino.

Kipp *et al.* (2011) fizeram a medida do reflexo-H no sóleo após treinamento vibratório (25 Hz; 2-4 mm e 5 min) e inferiram que a vibração diminuiu a intensidade dos espectros mioelétricos durante as contrações evocadas, mas não influenciou a frequências dos espectros. Desta forma, o recrutamento de unidades motoras não parece ser alterado após este tipo de treino. Outros autores fizeram a medida do reflexo-H, reflexo de estiramento e resposta de curta latência durante um salto nos músculos sóleo e gastrocnêmio em três momentos após uma sessão de treino vibratório (0, 5 e 10 min). O reflexo-H reduziu pelo menos até 5 min após a exposição à vibração; a amplitude dos reflexos de estiramento também reduziu imediatamente após, retornando ao valor inicial em 5 min e a resposta de curta latência não apresentou alteração. Logo, para homens e mulheres jovens a transmissão la parece ser reduzida após a vibração (Ritzmann *et al.* 2011). É possível inferir que nem as respostas agudas a este tipo de treino, nem a maneira como ele atua sobre o sistema muscular estão esclarecidas, sendo necessárias mais pesquisas sobre o assunto.

O treinamento vibratório, aplicado não só neste estudo, mas em todos os outros foi o mesmo para todas as voluntárias, ignorando as características individuais de cada uma delas. Desta forma, o que ocorre são respostas distintas ao

treino, pois cada idosa está trabalhando sob um estímulo diferente perante o seu máximo. No presente trabalho, estas respostas diferentes ao treino podem ser vistas nas Figuras 7 e 8 onde aparecem os valores individuais pré e pós-treinamento. Enquanto umas apresentam grandes incrementos, outras dentro do mesmo grupo, não mostram diferença alguma, ou então muito pouca. Di Giminiani *et al.* (2010) realizaram em seu estudo um protocolo de treino individualizado. Para tanto foram realizadas medidas de eletromiografia em diferentes frequências na posição de agachamento estática, e aquela que apresentasse maior ativação era utilizada para o treino. Esta poderia ser uma maneira de fazer com que os indivíduos treinassem com o um estímulo mais apropriado e talvez pudessem apresentar maiores incrementos.

A primeira hipótese deste estudo era de que haveria maior aumento de força e potência muscular, bem como melhora na ativação muscular e atividades funcionais para as idosas que realizassem o treinamento na plataforma vibratória em comparação àquelas que realizassem o treinamento sem adição da vibração. E a segunda hipótese do estudo era de que haveria aumento de potência imediatamente após uma sessão aguda de treino na plataforma vibratória para o grupo vibratório em comparação ao controle. Para averiguar estas hipóteses foram realizados experimentos em uma amostra de mulheres idosas.

As avaliações realizadas rejeitaram as duas hipóteses, mostrando que as respostas ao treino vibratório não diferem do grupo vibratório para o grupo controle. Este trabalho, além de ter o cuidado de realizar a comparação do grupo vibração com um grupo de exercícios iguais sem a vibração, apresentou algumas novidades, sendo o primeiro estudo a medir o tempo pré-motor, tempo motor, tempo de reação e taxa de produção de força durante CVMi de extensão de joelho e flexão plantar após treino vibratório de seis e 12 semanas em idosas. E também o primeiro a realizar medidas de arquitetura muscular utilizando o ultrassom em idosas após realizarem este tipo de treinamento.

O presente estudo também apresenta informações úteis para a sociedade, visto que o equipamento plataforma vibratória vem sendo comercializado e utilizado cada vez mais por pessoas idosas. Muitas vezes estas máquinas são usadas sem que se tenham maiores esclarecimentos de seus efeitos e o que é ainda mais preocupante, sem a supervisão de um profissional. Por outro lado, apesar de não ter apresentado incrementos significativos em comparação ao treino sem vibração, vale

ressaltar que houve maior adesão dos sujeitos ao treino vibratório. Por ser uma novidade para muitos indivíduos e supostamente incrementar seu desempenho físico, a plataforma vibratória pode contribuir para que as pessoas permaneçam no treinamento por um maior período.

6 CONCLUSÃO

O treinamento vibratório não se mostrou efetivo para a melhoria das respostas neuromusculares e funcionais dos membros inferiores de idosas após 12 semanas de treino, quando comparado ao grupo controle, nas condições em que foi realizado o presente trabalho.

As respostas crônicas de força, potência, ativação e arquitetura muscular e movimentos funcionais relacionados aos membros inferiores de idosas não diferiram entre o grupo com treinamento vibratório e grupo controle após seis e 12 semanas de treino.

As respostas crônicas de força dinâmica de flexão plantar, tempo motor de flexão plantar, ângulo de penetração e espessura muscular do VL aumentaram e teste funcional de sentar e levantar melhorou após 12 semanas de treinamento no grupo vibratório. Além disso, o ângulo de penetração do músculo VL e a altura do salto com contra-movimento aumentou e o teste funcional de sentar e levantar melhorou após 12 semanas de treinamento no grupo controle.

A resposta aguda de potência muscular não diferiu entre o grupo que treinou com vibração e o grupo controle, imediatamente após uma sessão de treino.

7 REFERÊNCIAS

AAGAARD, P.; SUETTA, C.; CASEROTTI, P.; MAGNUSSON, S.P.; KJAER, M. Role of the nervous system in sarcopenia and muscle atrophy with aging: strength training as a countermeasure. **Scand. J. Med. Sci. Sports**, v. 20, n.1, p. 49-64, fev., 2010.

ABELLANEDA, S.; GUISSARD, N.; DUCHATEAU J. The relative lengthening of the myotendinous structures in the medial gastrocnemius during passive stretching differs among individuals. **J. Appl. Physiol.**, v.106, n.1, p. 169-177, jan., 2009.

ABERCROMBY, A.F.J.; AMONETTE, W.E.; LAYNE, C.S.; MCFARLIN, B.K.; HINMAN, M.R., PALOSKI, W.H. Variation in neuromuscular responses during acute whole-body vibration exercise. **Med. Sci. Sports Exerc.**, v.39, n.9, p. 1642–1650, set., 2007.

ADAMS, J.B.; EDWARDS, D.; SERVIETTE, D.; BEDIENT, A.M.; HUNTSMAN, E.; JACOBS, K.A.; ROSSI, G.D.; ROOS, B.A. e SIGNORILE, J.F. Optimal frequency, displacement, duration, and recovery patterns to maximize power output following acute whole-body vibration. **J. Strength Cond. Res.**, v.23, n.1, p. 237–245, jan., 2009.

AGS. Guideline for the prevention of falls in older persons. American Geriatrics Society, British Geriatrics Society, and American Academy of Orthopaedic Surgeons Panel on Falls Prevention. **J. Am. Geriatr. Soc.**, v.49, n.5, p. 664–672 mai., 2001.

AKIMA, H.; KANO, Y.; ENOMOTO, Y.; ISHIZU, M.; OKADA, M.; OISHI, Y.; Katsuta, S e Kuno, S. Muscle function in 164 men and women aged 20-84 yr. **Med. Sci. Sports Exerc.**, v.33, n.2, p. 220- 226, fev., 2001.

BAGHERI, J.; VAN DEN BERG-EMONS, R.J.; PEL, J.J.; HOREMANS, H.I. e STAM, H.J. Acute effects of whole-body vibration on jump force and jump rate of force development: A comparative study of different devices. **J. Strength Cond. Res.**, v.26 n.3, p. 691-6, mar., 2012.

BAUTMANS, I.; VAN HEES, E.; LEMPER, J.C. e METS, T. The feasibility of Whole Body Vibration in institutionalised elderly persons and its influence on muscle performance, balance and mobility: a randomised controlled trial. **BMC Geriatr.**, v.5, p. 17-24, dez., 2005.

BEAN, J.F.; KIELY, D.K.; HERMAN, S.; LEVEILLE, S.G.; MIZER, K.; FRONTERA, W.R. e FIELDING, R.A. The relationship between leg power and physical performance in mobility-limited older people. **J. Am. Geriatr. Soc.**, v.50, n.3, p. 461-467, mar., 2002.

BENTO, P.C.; PEREIRA, G.; UGRINOWITSCH, C. E RODACKI, A.L. Peak torque and rate of torque development in elderly with and without fall history. **Clin. Biomech.**, v.25, n.5, p. 450-454, jun., 2010.

BOGAERTS, A.C.G; DELECLUSE, C.; BOONEN, S.; CLAESSENS, A.L.; MILISEN, K. e VERSCHUEREN S.M.P. Changes in balance, functional performance and fall risk following whole body vibration training and vitamin D supplementation in institutionalized elderly women. A 6 month randomized controlled trial. **Gait Posture** v.33, n.3, p. 466-472, mar., 2011.

BOGAERTS, A.C.G; DELECLUSE, C.; CLAESSENS, A.L.; COUDYZER, W.; BOONEN, S. e VERSCHUEREN, S.M.P. Impact of whole-body vibration training versus fitness training on muscle strength and muscle mass in older men: a 1-year randomized controlled trial. **J. Gerontol. A. Biol. Sci. Med. Sci.**, v.62, n.6, p. 630–635, jun., 2007.

BOGAERTS, A.C.G.; DELECLUSE, C.; CLAESSENS, A.L.; TROOSTERS, T.; BOONEN, S. e VERSCHUEREN, S.M.P. Effects of whole body vibration training on cardiorespiratory fitness and muscle strength in older individuals (a 1-year randomized controlled trial). **Age Ageing** v.38, n.4, p. 448–454, mai., 2009.

BOSCO, C.; COLLI, R.; INTROINI, E.; CARDINALE, M.; TSARPELA, O.; MADELLA, A.; TIHANYI, J. e VIRU, A. Adaptive responses of human skeletal muscle to vibration exposure. **Clin. Physiol.**, v.19, n.2, p. 183-187, mar., 1999.

BOSCO, C.; IACOVELLI, M.; TSARPELA, O.; CARDINALE, M.; BONIFAZI, M.; TIHANYI, J.; VIRU, M.; DE LORENZO, A. e VIRU, A. Hormonal responses to whole-body vibration in men. **Eur. J. Appl. Physiol.**, v.81, n.6, p. 449-54, abr., 2000.

BOTTARO, M.; MACHADO, S.N.; NOGUEIRA, W.; SCALES, R.; VELOSO, J. Effect of high versus low-velocity resistance training on muscular fitness and functional performance in older men. **Eur. J. Appl. Physiol.** v.99, n.3, p. 257-64, dez., 2007.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Estatuto do Idoso / Ministério da Saúde**. – 1. ed., 2.^a reimpr. – Brasília. Editora MS, 2003.

BROWN, W.F.; STRONG, M.J. e SNOW R. Methods for estimating numbers of motor units in biceps-brachialis muscles and losses of motor units with aging. **Muscle Nerve**, v.11, n.5, p. 423–432, mai., 1988.

CARDINALE, M. e BOSCO, C. The use of vibration as an exercise intervention. **Exerc. Sport Sci. Rev.**, v.31, n.1, p. 3–7, jan., 2003.

CARDINALE, M. e LIM, J. Electromyography Activity of Vastus Lateralis Muscle During Whole-Body Vibrations of Different Frequencies. **J. Strength. Cond. Res.**, v.17, n.3, p. 621–624, ago., 2003.

CARDINALE, Marco; NEWTON, Robert e NOSAKA, Kazunori. **Strength and Conditioning – Biological Principles and Pratical Applications**. John Wiley & Sons, Ltd. Chichester, 2011. Cap 2.1 e cap. 2.7.

CHEUNG, W.H.; MOK, H.W.; QIN, L.; SZE, P.C.; LEE, K.M. e LEUNG, K.S. High-frequency whole-body vibration improves balancing ability in elderly women. **Arch. Phys. Med. Rehabil.**, v.88, n.7, p. 852–857, jul., 2007.

COCHRANE, D.J. Vibration Exercise: The Potential Benefits. **Int. J. Sports Med.** v.32, n.2, p. 75-99, fev., 2011.

COCHRANE, D.J.; STANNARD, S.R.; FIRTH, E.C. e RITTWEGGER, J. Acute whole-body vibration elicits post-activation potentiation. **Eur J Appl Physiol**, v.108, n.2, p. 311-9, jan., 2010.

COGGAN, A.R.; SPINA, R.J.; KING, D.S.; ROGERS, M.A.; BROWN, M.; NEMETH, P.M. e HOLLOSZY, J.O. Histochemical and enzymatic comparison of the gastrocnemius muscle of young and elderly men and women. **Journal of Gerontology**, v.47, n.3, p. B71-B76, mai., 1992.

CORMIE, P.; DEANE, R.S.; TRIPLETT, N.T. e MCBRIDE, J.M. Acute effects of whole-body vibration on muscle activity, strength, and power. **J. Strength Cond. Res.**, v.20, n.2, p. 257–261, mai., 2006.

CREWETHER, B.; CRONIN, J. e KEOGH, J. Gravitational forces and whole body vibration: Implications for prescription of vibratory stimulation. **Phys. Ther. Sport**, v.5, p. 37–43, 2004.

D'ANTONA, G.; PELLEGRINO, M.A.; CARLIZZI, C.N. e BOTTINELLI, R. Deterioration of contractile properties of muscle fibres in elderly subjects is modulated by the level of physical activity. *Eur. J. Appl. Physiol.*, v.100, n.5, p. 603–11, jul., 2007.

DA SILVA, M.E.; NUÑEZ, V.M.; VAAMONDE, D.; FERNANDEZ, J.M.; POBLADOR, M.S.; GARCIA-MANSO, J.M. e LANCHO, J.L. Effects of different frequencies of whole body vibration on muscular performance. *Biology of Sport*, 2006 v.23, n.3, p. 267-282, 2006.

DALTON, B.H.; MCNEIL, C.J.; DOHERTY, T.J. e RICE, C.L. Age-related reductions in the estimated numbers of motor units are minimal in the human soleus. *Muscle Nerve*, v.38, n.3, p. 1108–1115, set., 2008.

DE LUCA, C.J. The use of electromyography in biomechanics. *J. Appl. Biomech.* 1997; 13: 135-163.

DELECLUSE, C.; ROELANTS, M. e VERSCHUEREN, S. Strength increase after whole-body vibration compared with resistance training. *Med. Sci. Sports Exerc.*, v.35, n.6, p. 1033-1041, jun., 2003.

DI GIMINIANI, R.; MANNO, R.; SCRIMAGLIO, R., SEMENTILLI, G. e TIHANYI, J. Effects of individualized whole-body vibration on muscle flexibility and mechanical power. *J. Sports Med. Phys. Fitness*, v.50, n.2, p. 139-151, jun., 2010.

DOHERTY, T.J. e BROWN, W.F. The estimated numbers and relative sizes of thenar motor units as selected by multiple point stimulation in young and older adults. *Muscle Nerve*, v.16, n.4, p. 355– 366, abr., 1993.

DOHERTY, T.J. Invited review: aging and sarcopenia. *J. Appl. Physiol.*, v.95, n.4, p. 1717–1727, out., 2003.

ERSKINE, J.; SMILLIE, I.; LEIPER, J.; BALL, D. e CARDINALE, M. Neuromuscular and hormonal responses to a single session of whole body vibration exercise in healthy young men. *Clin. Physiol. Funct. Imaging*, v.27, n.4, p. 242–248, mai., 2007.

FITZGERALD, M.D.; TANAKA, H.; TRAN, Z.V. e SEALS, D.R. Age related declines in maximal aerobic capacity in regularly exercising vs. sedentary women: a meta-analysis. *J. Appl. Physiol.*, v.83, n.1, p. 160-165, jul., 1997.

FREY, D.; SCHNEIDER, C.; XU, L.; BORG, J.; SPOOREN, W. e CARONI, P. Early and selective loss of neuromuscular synapse subtypes with low sprouting competence in motoneuron diseases. *J. Neurosci.*, v.20, n.7, p. 2534–2542, abr., 2000.

FRONTERA, W.R.; HUGHES, V.A.; LUTZ, K.J. e EVANS, W.J. A cross-sectional study of muscle strength and mass in 45- to 78-yr-old men and women. *J. Appl. Physiol.*, v.71, n.2, p. 644-650, ago., 1991.

GALEA, V. Changes in motor unit estimates with aging. *J. Clin. Neurophysiol.*; v.13, n.3, p. 253–260, mai., 1996.

GOGA VIBRATION. Platform How Vibration Technology Works. Disponível em: <http://www.gogastudios.com/technology.html>. Acesso em 12 de dezembro de 2011.

GOODPASTER, B.H.; PARK, S.W.; HARRIS, T.B.; KRITCHEVSKY, S.B.; NEVITT, M.; SCHWARTZ, A.V.; SIMONSICK, E.M.; TYLAVSKY, F.A.; VISSER, M. e NEWMAN, A.B. The loss of skeletal muscle strength, mass, and quality in older adults: the health, aging and body composition study. *J. Gerontol. A. Biol. Sci. Med. Sci.*, v.61, n.10, p. 1059-1064, out., 2006.

GRANACHER, U.; ZAHNER, L. e GOLLHOFER, A. Strength, power, and postural control in seniors: Considerations for functional adaptations and for fall prevention. *Eur. J. Sport Sci.*, v.8, n.6, p. 325-340, nov., 2008.

HÄKKINEN, K. e HÄKKINEN, A. Muscle cross-sectional area, force production and relaxation characteristics in women at different ages. *Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol.*, v.62, n.6, p. 410–414, 1991.

HAROLD, L.; MERRIMAN, C.; BRAHLER, J. e JACKSON, K. Systematically Controlling for the Influence of Age, Sex, Hertz and Time Post-Whole-Body Vibration Exposure on Four Measures of Physical Performance in Community-Dwelling Older Adults: A Randomized Cross-Over Study. *Curr. Gerontol. Geriatr. Res.*, v.2011, p.1-8, set., 2011.

HAUSDORFF, J.M.; NELSON, M.E.; KALITON, D.; LAYNE, J.E.; BERNSTEIN, M.J.; NUERNBERGER, A. e SINGH M.A.F. Etiology and modification of gait instability in older adults: A randomized controlled trial of exercise. *J. Appl. Physiol.*, v.90, n.6, p. 2117-2129, jun., 2001.

HAZELL, T.J.; JAKOBI, J.M. e KENNO, K.A. The effects of whole-body vibration on upper- and lower-body EMG during static and dynamic contractions. ***Appl. Physiol. Nutr. Metab.***, v.32, n.6, p. 1156–1163, dez., 2007.

HISTORY OF WHOLE BODY VIBRATION TECHNOLOGY. Disponível em: http://www.roadtohealth.com/shedpounds/History_of_Whole_Body_Vibration_Technology.html. Acesso em 5 de dezembro de 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Indicadores Sociodemográficos e de Saúde no Brasil**. Rio de Janeiro, 2009.

JANSSEN, I.; HEYMSFIELD, S.B.; WANG, Z.M. e ROSS, R. Skeletal muscle mass and distribution in 468 men and women aged 18-88 yr. ***J. Appl. Physiol.***, v.89, n.1, p. 81-88, jul., 2000.

JANSSEN, I.; HEYMSFIELD, S.B.; ROSS, R. Low relative skeletal muscle mass (sarcopenia) in older persons is associated with functional impairment and physical disability. ***J. Am. Geriatr. Soc.*** 2002; 50:889–896.

JORDAN, M.; NORRIS, S.; SMITH, D. e HERZOG, W. Acute effects of whole-body vibration on peak isometric torque, muscle twitch torque and voluntary muscle activation of the knee extensors. ***Scand. J. Med. Sci. Sports***, v.20, n.3, p. 535-40, jun., 2010.

JORDAN, M. J; STHEPHEN, R. N; DAVID, J. S; HERZOG, W. Vibration training: an overview of the area, training consequences, and future considerations. ***J. Strength Cond. Res.***, v. 19, n.2, p. 459-466, mai., 2005.

KADHIRESAN, V.A.; HASSETT, C.A. e FAULKNER, J.A. Properties of single motor units in medial gastrocnemius muscles of adult and old rats. ***J. Physiol.*** v.493, n. pt2, p. 543–552, jun., 1996.

KARAMANIDIS, K. e ARAMPATZIS, A. Mechanical and morphological properties of human quadriceps femoris and triceps surae muscle-tendon unit in relation to aging and running. ***J. Biomech.***, v.39, n.3, p. 406-17, 2006.

KAWAMURA, Y.; O'BRIEN, P.C.; OKAZAKI, H. e DYCK, P.J. Lumbar motoneurons of man: II) Numbers and diameter distributions of large- and intermediate-diameter motoneurons in motoneuron columns of spinal cord of man. ***J. Neuropathol. Exp. Neurol.***, v.36, n.5, p. 861–870, set-out., 1977a.

KAWAMURA, Y.; OKAZAKI, H.; O'BRIEN, P.C. e DYCK, P.J. Lumbar motoneurons of man: I) Numbers and diameter histograms of alpha and gamma axons and ventral roots. **J. Neuropathol. Exp. Neurol.**, v.36, n.5, p. 853–860, set-out., 1977b.

KIDO, A.; TANAKA, N. e STEIN, R.B. Spinal excitation and inhibition decrease as humans age. **Can. J. Physiol. Pharmacol.**, v.82, n.4, p. 238–248, abr., 2004.

KIISKI, J.; HEINONEN, A.; JÄRVINEN, T.L.; KANNUS, P. e SIEVÄNEN, H. Transmission of vertical whole body vibration to the human body. **J. Bone Miner. Res.**, v.23, n.8, p. 1318-25, aug., 2008.

KIPP, K.; JOHNSON, S.T.; DOERINGER, J.R. e HOFFMAN, M.A. Spinal reflex excitability and homosynaptic depression after a bout of whole-body vibration. **Muscle Nerve**, v.43, n.2, p. 259-62, fev., 2011.

KUBO, K.; KANEHISA, H.; AZUMA, K.; ISHIZU, M.; KUNO, S.Y.; OKADA M. e FUKUNAGA, T. Muscle Architectural Characteristics in Women Aged 20–79 Years. **Med. Sci. Sports Exerc.**, v.35, n.1, p. 39-44, jan., 2003.

LAMAS, L.; TRICOLI, V.; BATISTA, M. e UGRINOWITSCH, C. Efeito agudo da vibração sobre o desempenho do agachamento em alta velocidade e salto vertical. **Rev. Bras. Cineantropom. Desempenho Hum.**, v.12, n.6, p. 401-407, 2010.

LAMONT, H.S.; CRAMER, J.T.; BEMBEN, D.A.; SHEHAB, R.L.; ANDERSON, M.A. e BEMBEN, M.G. The acute effect of whole-body low-frequency vibration on countermovement vertical jump performance in college-aged men. **J. Strength Cond. Res.**, v.24, n.12, p. 3433-3442, dez., 2010.

LANZA, I.R.; TOWSE, T.F.; CALDWELL, G.E.; WIGMORE, D.M. e KENT-BRAUN, J.A. Effects of age on human muscle torque, velocity, and power in two muscle groups. **J. Appl. Physiol.**, v.95, n.6, p. 2361-2369, dez., 2003.

LAROCHE, D.P.; KNIGHT, C.A.; DICKIE, J.L.; LUSSIER, M.V. e ROY, S.J. Explosive force and fractionated reaction time in elderly low and high active women. **Med. Sci. Sports Exerc.**, v.39, n.9, p. 1659-1665, set., 2007.

LAROCHE, D.P.; ROY, S.J.; KNIGHT, C.A. e DICKIE, J.L. Elderly women have blunted response to resistance training despite reduced antagonist coactivation. **Med. Sci. Sports Exerc.**, v.40, n.9, p. 1660–1668, set., 2008.

LAROCHE, D.P.; CREMIN, K.A.; GREENLEAF, B. e CROCE, R.V. Rapid torque development in older female fallers and nonfallers: a comparison across lower-extremity muscles. **J. Electromyogr. Kinesiol.**, v.20, n.3, p. 482-488, jun., 2010.

LARSSON, L. Motor units: remodeling in aged animals. **J. Gerontol. A. Biol. Sci. Med. Sci.**, v.50, p. 91–95, nov., 1995.

LAU, R.K.; LIAO, L.; YU, F.; TEO, T.; CHUNG, R.C. e PANG, M.Y. The effects of whole body vibration therapy on bone mineral density and leg muscle strength in older adults: a systematic review and meta-analysis. **Clinical Rehabilitation**, v.25, n.11, p. 975–988, ago., 2011.

LEIS, A.A.; TRAPANI, V.C. **Atlas of electromiography**. Oxford, NY, Oxford University Press, 2000.

LEXELL, J. Human aging, muscle mass, and fiber type composition. **J. Gerontol. A. Biol. Sci. Med. Sci.**, v.50, p. 11–16, nov., 1995.

LEXELL, J.; TAYLOR, C.C. e SJOSTROM, M. What is the cause of the ageing atrophy? Total number, size and proportion of different fiber types studied in whole vastus lateralis muscle from 15- to 83-year-old men. **J. Neurological Sci.**, v.84, n.2-4, p. 275-294, abr., 1988.

LUO, J.; MCNAMARA, B. e MORAN, K. The use of vibration training to enhance muscle strength and power. **Sports Med.**, v.35, n.1, p. 23-4. 2005.

MACHADO, A.; GARCIA-LOPEZ, D.; GONZALEZ-GALLEGO, J. e GARATACHEA, N. Whole-body vibration training increases muscle strength and mass in older women: a randomized-controlled trial. **Scand. J. Med. Sci. Sport**, v.20, n.2, p. 200–207, abr., 2010.

MAGNUSSON, S. Passive properties of human skeletal muscle during stretch maneuvers. A review. **Scand. J. Med. Sci. Sports**, v.8, n.2, p. 65-77, abr., 1998.

MARIN, P.J.; BUNKER, D.; RHEA, M.R. e AYLLON, F.N. Neuromuscular activity during whole-body vibration of different amplitudes and footwear conditions: implications for prescription of vibratory stimulation. **J Strength Cond Res**, v.23, n.8, p.2311-2316, nov., 2009.

MARIN, P.J.; SANTOS-LOZANO, A.; SANTIN-MEDEIROS, F.; VICENTE-RODRIGUEZ, G.; CASAJÚS, J.A.; HAZELL, T.J. e GARATACHEA, N. Whole-body vibration increases upper and lower body muscle activity in older adults: Potential use of vibration accessories. *J. Electromyogr. Kinesiol.*, v.22, n.3, p. 456-62, jun., 2012.

MATSUDO, S.M.; MATSUDO, V.K.R.; BARROS NETO, T.L. Atividade física e envelhecimento: aspectos epidemiológicos. *Rev. Bras. Med. Esporte* 2001; 7(1):2-13.

MCNEIL, C.J.; DOHERTY, T.J.; STASHUK, D.W. e RICE, C.L. Motor unit number estimates in the tibialis anterior muscle of young, old, and very old men. *Muscle Nerve*, v.31, n.4, p.461-7, abr., 2005.

MCNEIL, C.J.; VANDERVOORT, A.A. e RICE, C.L. Peripheral impairments cause a progressive age-related loss of strength and velocity-dependent power in the dorsiflexors. *J. Appl. Physiol.*, v.102, n.5, p. 1962-1968, mai., 2007.

MERLETTI, R.; FARINA, D.; GAZZONI, M. e SCHIERONI, M.P. Effect of age on muscle functions investigated with surface electromyography. *Muscle and Nerve*, v.25, n.1, p. 65-76, jan., 2002.

METTER, E.J.; CONWIT, R.; METTER, B.; PACHECO, T. e TOBIN, J. The relationship of peripheral motor nerve conduction velocity to age-associated loss of grip strength. *Ageing*, v.10, n.6, p. 471-478, dez., 2008.

MITTAL, K.R. e LOGMANI, F.H. Age-related reduction in 8th cervical ventral nerve root myelinated fiber diameters and numbers in man. *J. Gerontol.*, v.42, n.1, p. 8-10, jan., 1987.

NARICI, M.V. E MAFFULLI, N. Sarcopenia: characteristics, mechanisms and functional significance. *Br. Med. Bull.*, v.95, n.1, p. 139-159, mar., 2010.

NARICI, M.V.; MAGANARIS, C.N.; REEVES, N.D. e CAPODAGLIO, P. Effect of aging on human muscle architecture. *J. Appl. Physiol.*, n.95, n.6, p. 2229-2234, dez., 2003.

NARICI, M.V.; ROI, G.S.; LANDONI, L.; MINETTI, A.E.; CERRETELLI, P. Changes in force, cross-sectional area and neural activation during strength training and detraining of the human quadriceps. *Eur. J. Appl. Physiol.*, v. 59, n.9, p. 310-319, 1989.

NASA. *National Aeronautics and Space Administration (2001)*. Good Vibrations – A new treatment under study by NASA funded doctors could reverse bone loss experienced by astronauts in space. Disponível em: http://science.nasa.gov/science-news/science-at-nasa/2001/ast02nov_1/. Acesso em 5 de dezembro de 2011.

NAZAROV, V. e SPIVAK, G. Development of athlete' s strength abilities by means of biomechanical stimulation method. ***Theory and Practice of Physical Culture***, v.12, p. 37-39, 1987.

OVEREND, T.J.; VERSTEEGH, T.H.; THOMPSON, E.; BIRMINGHAM, T.B. e VANDERVOORT, A.A. Cardiovascular stress associated with concentric and eccentric isokinetic exercise in young and older adults. ***J. Gerontol. Biol. Sci.***, v. 55, n.4, p. B177–182, abr., 2000.

PERRY, M.C.; CARVILLE, S.F.; SMITH, I.C.; RUTHERFORD, O.M.; NEWMAN D.J. Strength, power output and symmetry of leg muscles: effect of age and history of falling. ***Eur. J. Appl. Physiol.*** v.100, n.5, p. 553-561, jul., 2007.

PIJNAPPELS, M.; VAN DER BURG, P.J.; REEVES, N.D. e VAN DIEEN, J.H. Identification of elderly fallers by muscle strength measures. ***Eur. J. Appl. Physiol.***, v.102, n.5, p. 585-592, mar., 2008.

PUTHOFF, M.L., e NIELSEN, D.H. Relationships among impairments in lower-extremity strength and power, functional limitations, and disability in older adults. ***Physical Therapy***, v.87, n.10, p. 1334-1347, out., 2007.

REES, S.S.; MURPHY, A.J. e WATSFORD, M.L. Effects of Vibration Exercise on Muscle Performance and Mobility in an Older Population. ***J. Aging Physical Act.***, v.15, n.4, p. 367-381, out., 2007.

REES, S.S.; MURPHY, A.J. e WATSFORD, M.L. Effects of whole-body vibration exercise on lower-extremity muscle strength and power in an older population: a randomized clinical trial. ***Phys. Ther.***, v.88, n.4, p. 462–470, abr., 2008.

REEVES, N.D.; NARICI, M.V. e MAGANARIS, C.N. Effect of resistance training on skeletal muscle-specific force in elderly humans. ***J. Appl. Physiol.***, v.96, n.3, p. 885-92, mar., 2004.

REHN, B.; LIDSTRÖM, J.; SKOGLUND, J. e LIDSTRÖM, B. Effects on leg muscular performance from whole-body vibration exercise: a systematic review. ***Scand. J. Med. Sci. Sports***, v.17, n.1, p. 2-11, fev., 2007.

RIKLI, R.E. e JONES, C.J. Development and Validation on of a Functional Fitness Test for Community- Residing Older Adults. **J. Aging Phys. Activ.**, v.7, n.2, p. 129-161, abr., 1999.

RITTWEGER, J. Vibration as an exercise modality: how it may work, and what its potential might be. **Eur. J. Appl. Physiol.**, v.108, n.5, p. 877–904, mar., 2010.

RITTWEGER, J.; BELLER, G. e FELSENBERG, D. Acute physiological effects of exhaustive whole-body vibration exercise in man. **Clin. Physiol.**, v.20, n.2, p. 134–142, mar., 2000.

RITTWEGER, J.; MUTSCHELKNAUSS, M. e FELSENBERG, D. Acute changes in neuromuscular excitability after exhaustive whole body vibration exercise as compared to exhaustion by squatting exercise. **Clin. Physiol. Func. Imaging**, v.23, n.2, p. 81-6, mar., 2003.

RITZMANN, R.; KRAMER, A.; GOLLHOFER, A. e TAUBE, W. The effect of whole body vibration on the H-reflex, the stretch reflex, and the short-latency response during hopping. **Scand. J. Med. Sci. Sports**, set., 2011.

ROELANTS, M.; DELECLUSE, C. e VERSCHUEREN, S.M. Whole-body-vibration training increases knee-extension strength and speed of movement in older women. **J. Am. Geriatr. Soc.**, v.52, n.6, p. 901–908, jun., 2004.

ROELANTS, M.; VERSCHUEREN, S.M.; DELECLUSE, C.; LEVIN, O. e STIJNEN, V. Whole-bodyvibration- induced increase in leg muscle activity during different squat exercises. **J. Strength Cond. Res.**, v.20, n.1, p. 124–9, fev., 2006.

ROGAN, S.; HILFIKER, R.; HERREN, K.; RADLINGER, L. e DE BRUIN, E.D. Effects of whole-body vibration on postural control in elderly: a systematic review and meta-analysis. **BMC Geriatrics**, v.11, p. 72-89, nov., 2011.

RONNESTAD, B.R. Comparing the performance-enhancing effects of squats on a vibration platform with conventional squats in recreationally resistance-trained men. **J. Strength Cond. Res.**, v.18, n.4, p. 839–845, nov., 2004.

ROUBENOFF R. Origins and clinical relevance of sarcopenia. **Can. J. Appl. Physiol.**, v.26, n.1, p. 78–89, fev., 2001.

ROUBENOFF, R. e HUGHES, V.A. Sarcopenia: current concepts. **J. Gerontol.: Med. Sci.**, v.55, n.12, p.716-724, dez., 2000.

RUSSO, C.R.; LAURETANI, F.; BANDINELLI, S.; BARTALI, B.; CAVAZZINI, C.; GURALNIK, J.M. e FERRUCCI, L. High-frequency vibration training increases muscle power in postmenopausal women. **Arch. Phys. Med. Rehabil.**, v.84, n. 12, p. 1854-1857, dez., 2003.

SANTOS, S.; DANTAS, L.; OLIVEIRA, J.A. Desenvolvimento motor de crianças, de idosos e de pessoas com transtornos da coordenação. **Rev. Paul. Educ. Fis**, v.18, p. 33-44, ago., 2004.

SCAGLIONI, G.; FERRI, A.; MINETTI, A.E.; MARTIN, A.; VAN HOECKE, J.; CAPODAGLIO, P.; SARTORIO, A. e NARICI, M.V. Plantar flexor activation capacity and H reflex in older adults: adaptations to strength training. **J. Appl. Physiol.**, v.92, n.6, p. 2292–2302, jun., 2002.

SECRETARIA DE SAÚDE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. Disponível em: <www.saude.rs.gov.br/wsa/portal/index.jsp> . Acesso em 3 de janeiro de 2010.

SILVA, R.G.; ANDREOTI, R.; GEHRING, P.R.; NUNES, M.E.S.; WALERSTEIN, L.; FONSECA, M.C.O.; SANTOS, S.; TRICOLI, V. e UGRINOWITSCH, C. Efeito do treinamento vibratório na força muscular e em testes funcionais em idosos fisicamente ativos. **Rev. Bras. Cineantropom. Desempenho Hum.**, v.11, n.2, p. 166-173, 2009.

SKELTON, D.A.; KENNEDY, J. e RUTHERFORD, O.M. Explosive power and asymmetry in leg muscle function in frequent fallers and non-fallers aged over 65. **Age Ageing**, v.31, n.2, p. 119-125, 2003.

SPIRDUSO, W. **Dimensões físicas do envelhecimento**. Porto Alegre: ArtMed, 2005.

VON STENGEL, S.; KEMMLER, W.; ENGELKE, K. e KALENDER, W.A. Effect of whole-body vibration on neuromuscular performance and body composition for females 65 years and older: a randomized-controlled trial. **Scand. J. Med. Sci. Sports**, v.22, n.1, p. 119-127, fev., 2012.

STEWART, J.A.; COCHRANE, D.J. e MORTON, R.H. Differential effects oh whole body vibration durations on knee extensor strength. **J. Sci. Med. Sport**, v.12, n.1, p. 50-53, jan., 2009.

THOM, J.M.; MORSE, C.I.; BIRCH, K.M.; *et al.* Influence of muscle architecture on the torque and power-velocity characteristics of young and elderly men. ***Eur. J. Appl. Physiol.***, v.100, n.5, p. 613–619, jul., 2007.

TIHANYI, T.K.; HORVÁTH, M.; FAZEKAS, G.; HORTOBÁGYI, T.; TIHANYI, J. One session of whole body vibration increases voluntary muscle strength transiently in patients with stroke. ***Clin. Rehabil.***, v.21, n.9, p. 782–793, set., 2007.

TOMLINSON, B.E. e IRVING, D. The numbers of limb motor neurons in the human lumbosacral cord throughout life. ***J. Neurol. Sci.***, v.34, n.2, p. 213–219, nov., 1977.

TURNER, A.P.; SANDERSON, M.F. e ATTWOOD, L.A. The acute effect of different frequencies of whole-body vibration on countermovement jump performance. ***J. Strength Cond. Res.***, v.25, n.6, p. 1592-1597, jun., 2011.

VANDERVOORT AA. Aging of the human neuromuscular system. ***Muscle Nerve***, v.25, n.1, p. 17-25, jan., 2002.

VERSCHUEREN, S.M.; ROELANTS, M.; DELECLUSE, C.; SWINNEN, S.; VANDERSCHUEREN, D. e BOONEN, S. Effect of 6-month whole body vibration training on hip density, muscle strength, and postural control in postmenopausal women: a randomized controlled pilot study. ***J. Bone Miner. Res.***, v.19, n.3, p.352-359, mar., 2004.

WAKELING, J.M.; NIGG, B.M. e ROZITIS, A.I. Muscle activity damps the soft tissue resonance that occurs in response to pulsed and continuous vibrations. ***J. Appl. Physiol.***, v.93, n.3, p. 1093–1103, set., 2002.

WILCOCK, I.M.; WHATMAN, C.; HARRIS, N. e KEOGH, J.W. Vibration training: could it enhance the strength, power, or speed of athletes? ***J. Strength. Cond. Res.***, vol.23, n.2, p. 593-603, mar., 2009.

YOUNG, A.; STOKES, M.; CROWE, M. The size and strength of the quadriceps muscles of old and young men. ***Clin. Physiol.***, v.5, n.2, p. 145–154, abr., 1985.

ANEXO A: Divulgação

ZERO HORA ROSSI FLÓRIDA Procurando um novo conceito em qualidade de vida?

ZH | Cultura e Lazer | Economia | zEsportes | Geral | Mundo | Polícia | Política | Vida e Estilo | Opinião | ZH de A a Z

Plantão | Blogs | Multimídia | Participe | Redes sociais | Programação | Edição Impressa | Serviços | Assinaturas | Classificados

Zero Hora | Notícias

24/08/2011 | 09h10

Pesquisa da UFRGS testa benefícios da plataforma vibratória na terceira idade

Mulheres com mais de 60 anos podem participar do estudo como voluntárias

As plataformas vibratórias surgiram recentemente com grande promessa de melhora do condicionamento físico com menor esforço. Porém, segundo a professora de Educação Física, Fernanda Weber, ainda não existem muitas evidências científicas de sua eficácia.

Em razão disso, Fernanda decidiu estudar em seu mestrado este equipamento que gera estímulos mecânicos caracterizados por movimentos em forma de onda que se repetem em torno de uma posição de referência. O seu objetivo é verificar os benefícios do uso da plataforma em mulheres da terceira idade.

— O estudo pretende avaliar se os resultados para a saúde física são atingidos apenas com o uso do equipamento ou se, fazendo o mesmo esforço sem o equipamento, o resultado seria o mesmo.

Voluntárias

A pesquisa, que será realizada na Escola de Educação Física da UFRGS (ESEF) está selecionando mulheres com 60 anos ou mais, sem contraindicação médica, para realizar exercícios físicos como voluntárias durante três meses. As reuniões iniciais e treinamentos serão realizados na ESEF (Rua Felizardo, 750, bairro Jardim Botânico) sem nenhum custo financeiro, com frequência de três sessões semanais (segundas, quartas e sextas), com horário a combinar.

Benefícios

De acordo com a professora, ao atingir a terceira idade, a perda de força maior entre as mulheres ocorre na parte inferior do corpo. Para tanto, a pesquisa visa tonificar os músculos das pernas, melhorando a prática de movimentos funcionais, como sentar e levantar de uma cadeira, e evitar quedas, além de diminuir a celulite.

— Uma vantagem possível de se afirmar do treinamento vibratório é de que a pessoa gasta menos tempo realizando os exercícios em comparação às demais modalidades e parece ter benefícios para a saúde — explica.

As interessadas podem entrar em contato com Fernanda até sexta-feira, pelo e-mail fefeweber@hotmail.com ou telefone (51) 8253-2131.

BEI-ESTAR

ROSSI

PenseCarros

Finalmente revelada! Substituta de Meriva e Zafira, minivan Spin já tem data para venda no Brasil



CONVITE PARA TREINAMENTO COM IDOSAS

Prezada Senhora;

Sou professora de Educação Física e atualmente estou realizando o curso de pós-graduação (mestrado) pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

Venho por meio deste convidar idosas para participar no meu estudo sobre treinamento na plataforma vibratória, que tem por objetivo medir se este exercício proporciona benefícios sobre funções musculares e atividades funcionais nesta população.

Para a realização do estudo será necessária a participação de **mulheres com 60 anos ou mais (sem contra indicação médica para realizar exercícios físicos)** que se disponibilizem voluntariamente a realizar exercícios sobre a plataforma vibratória durante o período de **12 semanas (3 meses)**.

As reuniões iniciais e treinamentos serão realizados nas dependências da EsEF (Escola de Educação Física da UFRGS), que se localiza no bairro Jardim Botânico, **sem nenhum custo financeiro, com frequência de 3x semanais (seg/qua/sex)**.

As interessadas podem entrar em contato do dia 8 até o dia 20 de agosto por e-mail: fefeweber@hotmail.com ou por telefone: (51) 8253-2131.

Atenciosamente, Prof. Fernanda S. Weber

ANEXO B: Questionário

Nome Completo:**Data de Nascimento:****Estado Civil:****Profissão:****Endereço:****Telefone residencial:****Telefone celular:****E-mail:****Nome/Telefone (emergência):**

VOCÊ APRESENTA?	SIM	NÃO
Pressão alta (hipertensão)		
Insuficiência cardíaca		
Angina		
Arritmia		
Diabetes tipo 1		
Diabetes tipo 2 (com uso de insulina)		
Colesterol elevado		
Osteoporose		
Osteoartrose		
Asma ou bronquite		
Miopia com grau elevado		
Depressão		
VOCÊ JÁ APRESENTOU?	SIM	NÃO
Enfarto		
Arritmia		
Derrame		
Isquemia		
Trombose		
Câncer		
Pneumonia recente		
Infecção urinária recente		
Descolamento de retina		
ALGUÉM DA SUA FAMÍLIA APRESENTA/APRESENTOU?	SIM	NÃO
Enfarto		
Derrame		
Isquemia		
Diabetes		
Osteoporose		
Trombose		
Câncer		

Você tem acompanhamento médico?

Qual a última vez que você foi ao médico? dd/mm/aa

Toma alguma medicação contínua?

Quais remédios?

Você já sofreu alguma queda? Quantas?

Você considera sua vida independente?

Qual o seu histórico de atividades físicas?

ANEXO C: Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Eu _____
, portador do RG de nº _____ entendo que participarei como sujeito do estudo intitulado “**Os efeitos do treinamento vibratório sobre o sistema neuromuscular e atividades funcionais relacionados aos membros inferiores de idosos**”. Para tanto serei submetida à avaliação de composição corporal (massa corporal, estatura e dobras cutâneas), testes de força (força máxima isométrica, ativação muscular e força reativa de membros inferiores), testes de salto (counter movement jump), testes funcionais (sentar e levantar, andar e equilibrar-se de forma estática e dinâmica) e treinamento vibratório.

Eu entendo que:

- Todos esses testes serão conduzidos por profissionais, professores ou bolsistas com experiência prévia e serão realizados antes e após um treinamento físico de 12 semanas, envolvendo exercícios sobre uma plataforma vibratória.
- Os testes que realizarei são parte desse estudo e terão a finalidade de investigar os efeitos da vibração nos músculos e habilidades funcionais dos membros inferiores.
- Após a realização dos testes ou após algumas sessões de treino (principalmente nas primeiras semanas) poderei apresentar dor e cansaço muscular nas pernas, lombar e pescoço, tontura, dor de cabeça, pés quentes, coceira e vermelhidão nas pernas de forma temporária.
- Nos dias dos testes terei parte da região da coxa depilados com gilete descartável, e a pele limpa por abrasão feita com algodão umedecido em álcool gel, com a finalidade de colocar os eletrodos de medida da ativação muscular. Isto poderá causar ardência e vermelhidão passageira na pele.
- Serei submetida a três sessões de treino semanais durante esse período e que se faltar aos treinos (de forma consecutiva) serei desligada do estudo.
- O Prof. Dr. Ronei Silveira Pinto e/ou a Prof. Fernanda Seganfredo Weber e bolsistas, irão responder qualquer dúvida que eu tenha em qualquer momento relativo ao projeto.
- Todos os dados relativos à minha pessoa permanecerão confidenciais e disponíveis apenas sob minha solicitação escrita. Além disso, eu entendo que no

momento da publicação, não irá ser feita associação entre os dados publicados e a minha pessoa;

- Não há compensação financeira pela minha participação neste estudo;
- Posso me contatar com o orientador do estudo Prof. Dr. Ronei Silveira Pinto, pelo nº de telefone (51) 8467-2441 e com a autora do estudo, Prof. Fernanda Seganfredo Weber pelo nº de telefone (51) 9105-2252, para quaisquer problemas referentes à minha participação no estudo.
- Se eu sentir que há uma violação dos meus direitos, posso ligar para o nº de telefone (051) 3308-5894. Além disso, posso entrar em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa do Rio Grande do Sul (CEP-UFRGS), pelo telefone (051) 3308-3629.
- A qualquer instante eu tenho o direito de desistir da participação do estudo.
- Eu entendo que estará disponível no laboratório e no local de treinamento uma linha telefônica para a Assistência Médica de Emergência (51- 3331-0212) e nos dias que realizarei testes de esforço máximo um médico estará presente no laboratório.

Eu, por meio desta, autorizo o Prof. Dr. Ronei Silveira Pinto e sua aluna de mestrado Fernanda Seganfredo Weber e bolsistas ou profissionais selecionados a realizar os seguintes procedimentos:

- Executar-me um treinamento vibratório, durante 12 semanas, 3 vezes por semana.
- Executar-me um teste de força máxima isométrica e potência envolvendo os grupos musculares de membros inferiores, antes e após o período de treinamento físico.
- Executar-me testes funcionais antes e após 12 semanas de treinamento.

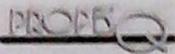
Os procedimentos expostos acima foram explicados para mim pelo Prof. Dr. Ronei Silveira Pinto e/ou Prof. Fernanda Seganfredo Weber e bolsistas selecionados.

Assinatura do sujeito (participante): _____

Assinatura do pesquisador: _____

Porto Alegre _____ de _____ de 2011.

ANEXO D: Aprovação do Comitê de Ética

	U F R G S UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL	PRÓ-REITORIA DE PESQUISA Comitê De Ética Em Pesquisa Da Ufrgs	
---	--	---	---

CARTA DE APROVAÇÃO

Comitê De Ética Em Pesquisa Da Ufrgs analisou o projeto:

Número: 21252
Título: EFEITOS DO TREINAMENTO VIBRATÓRIO SOBRE O SISTEMA NEUROMUSCULAR DOS MEMBROS INFERIORES E ATIVIDADES FUNCIONAIS DE IDOSAS

Pesquisadores:

Equipe UFRGS:

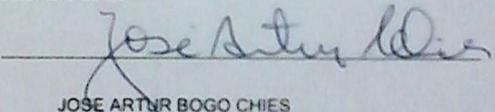
 RONEI SILVEIRA PINTO - coordenador desde 01/08/2011
 FERNANDA SEGANFREDO WEBER - pesquisador desde 01/08/2011

Equipe Externa:

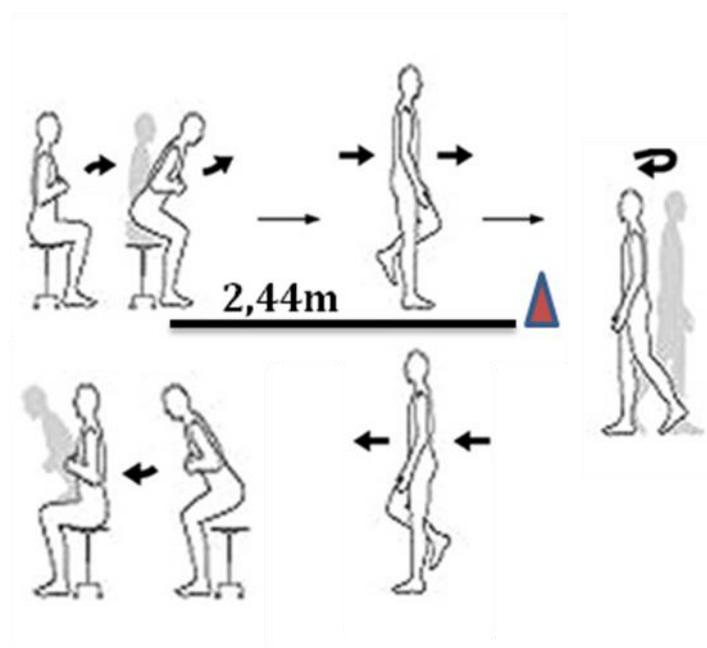
 Martim Bottaro - pesquisador desde 01/08/2011

Comitê De Ética Em Pesquisa Da Ufrgs aprovou o mesmo, em reunião realizada em 25/08/2011 - sala 1 de reuniões do Gabinete do Reitor, 6º andar prédio da Reitoria, por estar adequado ética e metodologicamente e de acordo com a Resolução 196/96 e complementares do Conselho Nacional de Saúde.

Porto Alegre, Segunda-Feira, 5 de Setembro de 2011



JOSE ARTUR BOGO CHIES
Coordenador da comissão de ética

ANEXO E: Representação ilustrativa dos testes funcionais.**Teste de sentar e levantar****Teste de levantar, contornar obstáculo e sentar**

ANEXO F: Ilustração dos exercícios que foram realizados sobre a plataforma vibratória.

