

Camila Vasconcelos dos Santos

**EFEITO DO FOCO DE ATENÇÃO NA COORDENAÇÃO MOTORA DA  
TAREFA DE SENTADO PARA DE PÉ**

Belo Horizonte

Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional / UFMG

2017

|

Camila Vasconcelos dos Santos

**EFEITO DO FOCO DE ATENÇÃO NA COORDENAÇÃO MOTORA DA  
TAREFA DE SENTADO PARA DE PÉ**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós- Graduação em Ciências da Reabilitação da Escola de Educação Física Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências da Reabilitação.

**Orientador:** Prof. Dr. Sérgio Teixeira da Fonseca

**Orientadora:** Prof. Dra. Daniela Virgínia Vaz

Belo Horizonte

Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional / UFMG

2017

S237e Santos, Camila Vasconcelos dos  
2017 Efeito do foco de atenção na coordenação motora da tarefa de sentado para de pé.  
[manuscrito] / Camila Vasconcelos dos Santos – 2017.  
68 f., enc.:il.

Orientador: Sérgio Teixeira da Fonseca  
Coorientador: Daniela Virgínia Vaz

Mestrado (dissertação) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional.

Bibliografia: f. 49-53

1. Biomecânica - Teses. 2. Membros inferiores - Teses. 3. Articulações - Teses. 4. Capacidade motora – Teses. I. Fonseca, Sérgio Teixeira da. II. Vaz, Daniela Virgínia. III. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional. IV. Título.


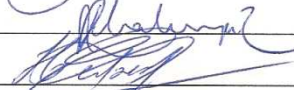

CDU: 796.015

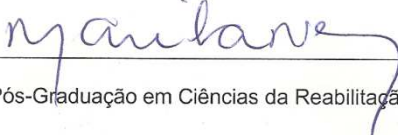
**Ficha catalográfica elaborada pela equipe de bibliotecários da Biblioteca da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais.**

COLEGIADO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS EM REABILITAÇÃO  
 DEPARTAMENTOS DE FISIOTERAPIA E DE TERAPIA OCUPACIONAL  
 SITE: [www.eeffto.ufmg.br/mreab](http://www.eeffto.ufmg.br/mreab) E-MAIL: [mreab@eeffto.ufmg.br](mailto:mreab@eeffto.ufmg.br) FONE/FAX: (31) 3409-4781/7395

ATA DE NÚMERO 266 (DUZENTOS E SESSENTA E SEIS) DA SESSÃO DE ARGUIÇÃO E DEFESA DE DISSERTAÇÃO APRESENTADA PELA CANDIDATA **CAMILA VASCONCELOS DOS SANTOS** DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA REABILITAÇÃO.....

Aos 25 (vinte e cinco) dias do mês de agosto do ano de dois mil e dezessete, realizou-se na Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional, a sessão pública para apresentação e defesa da dissertação **“EFEITO DO FOCO DE ATENÇÃO NA COORDENAÇÃO MOTORA DA TAREFA DE SENTADO PARA DE PÉ”**. A banca examinadora foi constituída pelos seguintes Professores Doutores: Sérgio Teixeira Da Fonseca, Thales Resende de Souza e Herbert Ugrinowitsch, sob a presidência do primeiro. Os trabalhos iniciaram-se às 14h00min com apresentação oral da candidata, seguida de arguição dos membros da Comissão Examinadora. **Após avaliação, os examinadores consideraram a candidata aprovada e apta a receber o título de Mestre, após a entrega da versão definitiva da dissertação.** Nada mais havendo a tratar, eu, Marilane Soares, secretária do Colegiado de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação dos Departamentos de Fisioterapia e de Terapia Ocupacional, da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional, lavrei a presente Ata, que depois de lida e aprovada será assinada por mim e pelos membros da Comissão Examinadora. Belo Horizonte, 25 de agosto de 2017. ....

Professor Dr. Sérgio Teixeira Da Fonseca \_\_\_\_\_   
 Professor Dr. Thales Resende de Souza \_\_\_\_\_   
 Professor Dr. Herbert Ugrinowitsch \_\_\_\_\_ 

Marilane Soares 084190 \_\_\_\_\_   
 Secretária do Colegiado de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação

COLEGIADO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS EM REABILITAÇÃO  
DEPARTAMENTOS DE FISIOTERAPIA E DE TERAPIA OCUPACIONAL  
SITE: [www.eeffto.ufmg.br/mreab](http://www.eeffto.ufmg.br/mreab) E-MAIL: [mreab@eeffto.ufmg.br](mailto:mreab@eeffto.ufmg.br)  
FONE/FAX: (31) 3409-4781

## DECLARAÇÃO

Declaramos para os devidos fins que **CAMILA VASCONCELOS DOS SANTOS** defendeu a dissertação intitulada: **“EFEITO DO FOCO DE ATENÇÃO NA COORDENAÇÃO MOTORA DA TAREFA DE SENTADO PARA DE PÉ”**, obtendo em 25/08/2017 a aprovação unânime da Banca Examinadora, junto ao Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação, nível Mestrado, da Universidade Federal de Minas Gerais; fazendo jus ao título de Mestre em Ciências da Reabilitação a partir da referida data.

Belo Horizonte, 25 de Agosto de 2017.

Colegiado de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação/EEFFTO/UFMG

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
COLEGIADO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS  
DA REABILITAÇÃO / EEFFTO  
AV. ANTÔNIO CARLOS, Nº 6627 - CAMPUS UNIVERSITÁRIO  
PAMPULHA - CEP 31270-901 / BH / MG

## AGRADECIMENTOS

### Gratidão

Primeiramente ao meus amados pais, pelo amor e incentivo incondicional! Obrigada por fazerem do meu sonho o de vocês, pela compreensão nos momentos ausentes, pelas palavras de incentivo e por acreditarem em mim quando nem eu mesma acreditei. Vocês são meu porto seguro, onde reabasteço minhas energias para seguir em frente.

Ao Rafael, meu querido irmão, pelo carinho nos momentos de tensão e os puxões de orelha nos momentos de fraqueza. Amo muito você.

À minha cunhada Fabiana, pela alegria sempre contagiante e o incentivo em minhas fases de total dedicação ao estudo.

À minha família, mola propulsora, que está sempre me incentivando em cada novo desafio nessa busca para o crescimento profissional e pessoal.

Às minhas avós Marias, estrelas que guiam meu caminho, a historia de vida de vocês me dão força pra nunca desistir. Vó, sua luta para ter uma vida funcional e uma velhice saudável, independente e ativa mesmo com a perna amputada me mostrou que fisioterapia realmente “vale a pena”.

À Virgínia, Humberto e Clarissa, por me permitirem ter uma família em BH, pelas palavras de incentivo e pelos cuidados nesta jornada do mestrado. Ví obrigada pela revisão do texto, pelos ensinamentos e pela amizade. Humberto, vivemos este desafio juntos, obrigada pela força e pelo estímulo para seguir em frente quando eu achei não conseguiria mais. Cla, você foi minha válvula de escape dos problemas. Sua presença sempre carinhosa e amorosa me fortaleceu dia a dia. Obrigada pelas brincadeiras e pelos momentos de descontração.

Aos meus amigos, obrigada pela alegria proporcionada a cada dia, pelos momentos de relaxamento para conseguir retornar a rotina com força total.

À Daniela Moreira, minha irmã de coração, obrigada pela amizade sempre sincera, pela troca de conhecimento e experiências e pelo grande suporte nos três meses fora do país.

À Heliane, pelos incansáveis estudos aos domingos e as palavras de motivação.

À Patrícia e minha mãe, pelas tardes dedicadas a me fazer entender um pouquinho de álgebra linear. A paciência e o carinho de vocês com certeza tornaram a matemática bem mais prazerosa.

A Alessandra, Nara, Thalles, Sara, Letícia, Fernanda, Aline e Sandrinha pelos dias de trabalho dobrados, para que eu pudesse me dedicar a pesquisa; pelas palavras de motivação e a força para que eu chegasse até o fim. Cada obstáculo vencido não seria possível sem vocês. Em especial a Alessandra e a Nara por cuidarem do estúdio com tanto carinho como se fosse de vocês.

Aos pacientes e alunos, pela compreensão em minhas ausências e incentivo em sempre buscar novas experiências e conhecimento.

Aos meus queridos amigos da UFMG, presentes que o mestrado me deu. Vocês alegraram esta trajetória e deixaram o caminho bem mais leve.

À Rejane, Priscila, Bruna, Fabrício e Líria pela disponibilidade e paciência em passar conhecimento.

Ao Bernardo pela companhia nas coletas de dados e na luta por conseguir voluntários.

Ao Thales Rezende e à Juliana Ocarino pelas sugestões valiosas para a minha qualificação!

Aos funcionários da UFMG, que sempre foram prontos e agradáveis comigo: Marilane e o pessoal do colegiado, o pessoal da T.I., e em especial ao Délcio, pela disponibilidade e alegria de cada dia.

Aos professores que tive ao longo do mestrado, obrigada pelo conhecimento transmitido nestes anos de estudo.

A cada um dos voluntários da pesquisa, pela disponibilidade e pela ajuda em conseguir mais voluntários.

Ao Thales Rezende e ao Herbert Ugrinowitsch pela delicadeza na defesa. Vocês conseguiram tornar este momento tão tenso em horas de reflexão e aprendizagem de uma forma tão agradável.

À Juliana Ocarino e ao Rodolfo Benda pela disponibilidade em ser suplente da banca.

Ao Suvo Mitra, obrigada pela gentileza e recepção na Inglaterra. Sem dúvida você tornou minha viagem muito mais especial. Obrigada também pelo conhecimento (de pesquisa e de vida) transmitido e pela paciência.

À Hayley pela disponibilidade e força nos três meses fora.

À Daniela Mattos pelo suporte na implementação da UCM.

À professora Daniela Vaz e ao professor Sérgio Teixeira, que se tornaram grandes inspirações.

Sérgio cada palavra sua prova que nós temos a profissão mais linda do mundo.

Dani, o caminho não foi fácil, chegamos ao limite várias vezes, mas sobrevivemos. Acho que faltam palavras para descrever a gratidão que sinto por você. Obrigada pela disponibilidade, pela confiança, pela oportunidade em trabalhar com pesquisa, pelo apoio e o aprendizado ao longo do mestrado. Obrigada pelos puxões de orelha quando necessário, me trazendo de volta pro caminho correto sempre que eu desviava dele. Obrigada também por me permitir viver uma das maiores experiências da minha vida- um intercâmbio. Você é uma grande profissional e sua paixão por ensinar faz toda a diferença na vida de um estudante. Você me mostrou um lado da vida acadêmica que eu não conhecia. Obrigada também por cada palavra amiga nas dificuldades pessoais que enfrentei. “Quando crescer quero ser igual a você!”

E finalmente a Deus, força maior, gratidão eterna por colocar em minha vida pessoas tão especiais, pela proteção nessa vida de viajante (foram quilômetros percorridos), por encher meu coração de força e esperança, me motivando sempre a ir mais longe.

O mestrado foi um divisor de águas na minha vida. Mais que um crescimento profissional (e olha que cresci muito profissionalmente), após a experiência do mestrado aprendi a ver o mundo com outros olhos.....



"Dizem que antes de um rio entrar no mar, ele morre de medo. Olha para trás, para toda a jornada que percorreu, para os cumes, as montanhas, para o longo caminho sinuoso que trilhou através de florestas e povoados, e vê à sua frente um oceano tão vasto, que entrar nele nada mais é do que desaparecer para sempre. Mas não há outra maneira. O rio não pode voltar. Ninguém pode voltar. Voltar é impossível na existência. O rio precisa se arriscar e entrar no oceano. E somente quando ele entra no oceano é que o medo desaparece, porque apenas então o rio saberá que não se trata de desaparecer no oceano, mas de tornar-se oceano".

OSHO

## RESUMO

A escolha adequada do foco de atenção pode melhorar o desempenho de tarefas motoras. Quando um indivíduo recebe instrução para direcionar sua atenção, o movimento é coordenado para reduzir a variação nas dimensões onde a atenção do indivíduo está direcionada. Diversos estudos mostram benefícios do foco de atenção externo quando comparado ao interno. Os efeitos positivos do foco externo podem estar relacionados a redução da variabilidade nas dimensões do objetivo final da tarefa e ao aumento da variabilidade compensatória em todo o movimento corporal. Assim, o efeito do foco de atenção pode estar relacionado a organização de sinergias motoras. O objetivo deste estudo foi comparar a organização das sinergias motoras, por meio do método *Uncontrolled Manifold (UCM)*, sob os dois diferentes focos de atenção, interno e externo, em uma tarefa de movimento funcional. 27 jovens saudáveis realizaram a tarefa de passar de sentado para de pé estabilizando uma caneca com o membro superior não dominante. Todos os indivíduos realizaram a tarefa sob instrução dos dois focos de atenção- interno e externo. O desempenho da tarefa entre os dois focos de atenção foi comparado através de testes t pareados. Os resultados não mostraram diferença no desempenho dos indivíduos em relação ao foco em três variáveis utilizadas para mensurar o desempenho – consistência do ângulo da caneca, consistência da posição da mão e da caneca. Apesar dos cuidados para que a tarefa fosse desafiante para os indivíduos, ela pode não ter sido suficientemente difícil para trazer a tona os benefícios do foco de atenção externo. Na literatura existem indícios de que as instruções de foco externo são especialmente benéficas quando a tarefa for difícil para o indivíduo. O efeito do foco de atenção apareceu quando a variável de desempenho foi a consistência do ângulo da mão. Os indivíduos mostraram melhor desempenho sob instrução do foco de atenção interno. Este resultado pode ser devido a relação com a instrução específica – manter a mão estável. Alguns estudos mostram redução da variabilidade nas dimensões do movimento que estejam sobre controle atencional. Para analisar as sinergias motoras, foi utilizada uma ANOVA 2x3 -foco de atenção (foco interno e externo) e fase do movimento (fase inicial, média e final) para comparar valores de  $V_{ucm}$ ,  $V_{ort}$ , e índice de sinergia, para cada variável de controle- estabilização do ângulo da mão, estabilização do ângulo da caneca, estabilização da posição da mão, estabilização da posição da caneca. As medidas do UCM descreveram com sucesso a presença de sinergias para estabilizar todas as variáveis de controle escolhidas na tarefa em questão. Porém, o efeito estabilizador para as quatro variáveis de controle foi independente da instrução de foco de atenção. Mesmo com a diferença de desempenho nas condições experimentais, não houve diferença no índice de sinergia. Corroborando com outros autores que mostram ausência de relação direta entre desempenho e força de sinergias. Limitações do método UCM para a tarefa em questão - análise entre tentativas-podem ter influenciado nos resultados. Assim este estudo abre espaço para futuras investigações sobre o efeito do foco de atenção no desempenho e na formação de sinergia motoras em tarefas funcionais.

**Palavras-chave:** Foco de atenção. Sinergia. *Uncontrolled Manifold (UCM)*.  
Sentado para de pé. Variabilidade motora.

## ABSTRACT

The suitable choice of attentional focus might improve the performance of motor tasks. When subjects are given instructions on how to focus their attention, movement is coordinated to reduce the variation in dimensions under attention. Several studies have shown the advantages of an external focus of attention compared to an internal focus. The positive effects of an external focus might be related to decreased kinematic variability at the dimension of the task goal with increased compensatory variability of the level of segmental motions. Hence, the effect of attentional focus might be related to a rearrangement of motor synergies. Using UCM method, the aim of the study was to compare synergies for a functional movement task performed under external and internal focus. Twenty-seven healthy young subjects performed a sit-to-stand task holding a cup with the non-dominant upper limb under instructions to stabilize their hands (external focus) or the cup (external focus). Performance was quantified by variability over time of four measures: cup and hand position and cup and hand angle. A paired t test did not detect differences in task performance between the two experimental conditions for variability of cup angle, hand position or cup position. External focus effects are greater for difficult tasks. Possibly, the task was not difficult enough to produce external focus benefits. Variability of hand angle was lower in the internal focus condition, indicating benefits of instructions explicitly related to keeping the hand stable. Synergies were quantified with UCM indices. The indices used to stabilize all the variable of control in each task individually was successfully described by the measures of UCM. A 2x3 ANOVA with attentional focus (internal and external); stage of movement (early, average, final) as repeated measures was used to compare the value of  $V_{ucm}$ ,  $V_{ort}$  and synergy indices for each of four control variables: hand and cup angle, hand and cup position. Synergies were found stabilizing inter-trial variability for all control variables, However, no effects of attentional focus were detected (internal or external), even though performance was best for hand angle with internal focus instructions. These findings support the absence of a direct association between task performance and UCM synergies, quantified based on inter-trial variability. Effects of focus on motor coordination might be found on intra-trial variability over time. This possibility should be investigated in future studies.

**Keywords:** Attentional focus. Synergy. *Uncontrolled Manifold (UCM)*.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Padronização da posição inicial do indivíduo .....	29
Figura 2: Desenhos dos modelos geométricos .....	32

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Resultado do efeito do foco de atenção no desempenho do indivíduo .....	37
--	----

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Acidente vascular cerebral: AVC.

Centro de massa: CM.

Direção ântero-posterior: AP.

Direção supero-inferior: SI.

Espaço ortogonal:  $V_{ort}$ .

Espaço UCM:  $V_{ucm}$ .

Matriz Jacobiana: J.

Sentado para de pé: SDP.

UFMG: Universidade Federal de Minas Gerais

*Uncontrolled manifold*: UCM.

Váriaveis de controle: VC.

Variáveis elementares: VE.

Variabilidade do ângulo da caneca: VAC.

Variabilidade do ângulo da mão: VAM.

Variabilidade da posição da caneca: VPC.

Variabilidade da posição da mão: VPM.

## PREFÁCIO

Este trabalho foi elaborado de acordo com as normas do Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), sendo constituído de 5 partes. A primeira parte consiste na introdução do tema investigado, apresentando revisão de literatura, problematização, justificativa, hipótese e objetivos do estudo. A segunda parte consiste em materiais e métodos utilizados para a realização do estudo, detalhando todos os procedimentos realizados, redução dos dados por meio da ferramenta escolhida, o *Uncontrolled Manifold* (UCM) e a descrição das análises estatísticas utilizadas. A terceira parte apresenta os resultados encontrados a partir das análises estatísticas. A quarta parte consiste na discussão dos resultados, através da apresentação de resultados encontrados em outros estudos e de argumentos que justifiquem os resultados encontrados no presente estudo. A quinta parte apresenta a conclusão do presente estudo baseadas nos resultados e na revisão de literatura estudada para o projeto. O trabalho é finalizado com as referências e apêndices.



## SUMÁRIO

<b>PREFÁCIO .....</b>	<b>15</b>
<b>1.0 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>18</b>
<b>2.0 MATERIAS E MÉTODO .....</b>	<b>26</b>
2.1- Delineamento do estudo .....	26
2.2- Amostra .....	26
2.3- Instrumentos .....	26
2.4- Procedimentos .....	27
2.5- Avaliação da tarefa sentado para de pé .....	27
2.6- Redução de dados .....	28
2.7- Análise estatística .....	35
<b>3.0 RESULTADOS.....</b>	<b>36</b>
3.1- Efeito foco e desempenho .....	36
3.2- Sinergia para estabilização do ângulo da caneca .....	37
3.3- Sinergia para estabilização do ângulo da mão .....	37
3.4- Sinergia para estabilização da posição da mão .....	38
3.5- Sinergia para estabilização da posição da caneca .....	38
<b>4.0 DISCUSSÃO .....</b>	<b>39</b>
4.1- Efeito foco e desempenho .....	39
4.1- Efeito do foco de atenção na formação de sinergias motoras pelo UCM ..	43

<b>5.0 CONCLUSÃO .....</b>	<b>47</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>49</b>
<b>APÊNDICE 1.....</b>	<b>54</b>
<b>APÊNDICE 2.....</b>	<b>58</b>
<b>APÊNDICE 3.....</b>	<b>60</b>
<b>APÊNDICE 4.....</b>	<b>61</b>
<b>APÊNDICE 5.....</b>	<b>62</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Uma das características mais fascinantes do comportamento motor humano é sua capacidade de otimizar o desempenho, em função da intenção ou atenção do indivíduo na atividade que realiza (WULF *et al.*, 2016; LANDERS *et al.*, 2005; WULF *et al.*, 2008; PORTER *et al.*, 2010; LOHSE *et al.*, 2010; ZARGHAMI *et al.*, 2012). Quando uma tarefa é executada, a atenção do indivíduo pode ser direcionada por dois diferentes focos, o foco de atenção interno ou o foco de atenção externo (WULF, 2008). O foco interno direciona a atenção ao movimento do próprio corpo, enquanto o foco externo dirige a atenção aos objetos com os quais a pessoa interage e aos efeitos da sua ação no ambiente (WULF, 2008). Controlar o foco de atenção pode ser uma importante ferramenta para a otimização do desempenho em habilidades motoras.

A escolha do foco de atenção adequado pode melhorar o desempenho dos indivíduos quando executam tarefas motoras (WULF *et al.*, 2008; PORTER *et al.* 2010; LOHSE *et al.*, 2010; ZARGHAMI *et al.*, 2012). Wulf *et al.* (2008) analisaram os efeitos dos dois focos de atenção em uma tarefa de equilíbrio em pacientes com Parkinson. Ao se equilibrarem em um disco de borracha, os indivíduos deveriam concentrar-se em minimizar os movimentos do disco, no caso do foco externo, ou do pé, no caso do foco interno (WULF *et al.*, 2008). Os resultados mostraram menor oscilação postural quando os indivíduos receberam as instruções de foco externo (WULF *et al.*, 2008). Porter *et al.* (2010) também observaram os efeitos positivos do foco externo na agilidade de indivíduos saudáveis por meio de uma tarefa de corrida em L com cones. Para induzir o foco de atenção externo, os indivíduos foram instruídos a “correr em direção aos cones o mais rápido possível e concentrar-se em empurrar o chão com a maior força possível” (PORTER *et al.*, 2010). Para induzir o foco interno, os indivíduos foram instruídos a “mover as pernas o mais rápido possível e concentrar-se em empurrar os pés com a maior força possível” (PORTER *et al.*, 2010). Os indivíduos concluíram a tarefa em menos

tempo, ou seja, com melhor desempenho quando receberam instrução do foco externo comparado ao foco interno e ausência de instrução de foco (PORTER *et al.*, 2010). Lohse *et al.* (2010) observaram o efeito do foco de atenção na tarefa de atirar dardos. Para o foco interno, os indivíduos deveriam se concentrar no seu próprio braço (LOHSE *et al.*, 2010). Para o foco externo, os indivíduos deveriam se concentrar no dardo (LOHSE *et al.*, 2010). Comparado ao foco interno, os indivíduos apresentaram melhor desempenho com o foco externo: redução do erro (distância do dardo ao centro do alvo), redução do tempo de preparação entre os lances e da atividade eletromiográfica do tríceps braquial (LOHSE *et al.*, 2010). Zarghami *et al.* (2012) observaram o efeito do foco de atenção em indivíduos do sexo masculino com pouca experiência no desempenho de lançamentos de discos (ZARGHAMI *et al.*, 2012). Os indivíduos foram instruídos a lançar os discos utilizando sua força máxima (ZARGHAMI *et al.*, 2012). Como instrução de foco interno, os indivíduos foram solicitados a se concentrar em suas mãos (ZARGHAMI *et al.*, 2012). Como instrução de foco externo os indivíduos deveriam concentrar no disco (ZARGHAMI *et al.*, 2012). Ao utilizar o foco externo, os indivíduos conseguiram lançar os discos em uma maior distância quando comparado ao foco interno (ZARGHAMI *et al.*, 2012). Os benefícios do foco externo em relação ao interno são apresentados por diversos estudos para uma grande variedade de tarefas (WULF *et al.*, 2008; PORTER *et al.*, 2010; LOHSE *et al.*, 2010; ZARGHAMI *et al.*, 2012).

Os efeitos do foco de atenção aparecem imediatamente após as instruções de foco, mostrando impacto imediato no desempenho (WULF *et al.*, 2008; PORTER *et al.*, 2010; LOHSE *et al.*, 2010). Este efeito também provoca mudanças permanentes, indicando influência na aprendizagem da habilidade (TOTSIKA e WULF, 2003; WULF *et al.*, 2003). Os benefícios do desempenho se mantêm em testes de retenção – em que indivíduos repetem a mesma tarefa algum tempo após o fim do treinamento e sem instrução de foco – e de transferência – em que indivíduos executam versões modificadas da tarefa ou a executam em novas situações (TOTSIKA e WULF, 2003; WULF *et al.*, 2003). Um exemplo é o trabalho de Totsika e Wulf (2003), em que os indivíduos deveriam andar sobre o pedal. Eles foram instruídos a empurrar o pedal (foco externo) ou o pé (foco interno) durante a prática (TOTSIKA e WULF, 2003). No

treino, foram observados os benefícios do foco externo, por meio da diminuição do tempo gasto para concluir a tarefa (TOTSIKA e WULF, 2003). Um dia após a prática, os indivíduos repetiram a tarefa sem instrução de foco e em três diferentes testes de transferência (TOTSIKA e WULF, 2003): pedalar sob pressão de velocidade, pedalar para trás sob pressão de velocidade e pedalar para trás sob pressão de velocidade enquanto contavam de trás para frente (TOTSIKA e WULF, 2003). Os resultados mostraram que o grupo que adotou um foco externo manteve os melhores resultados, ou seja, cumpriu a tarefa em um menor tempo, comparado ao grupo de foco interno (TOTSIKA e WULF, 2003). Os benefícios do foco externo na aprendizagem também são demonstrados pelo estudo de Wulf *et al.* (2003). Os participantes deveriam se equilibrar em um estabilômetro segurando um tubo que continha uma bolinha de tênis (WULF *et al.*, 2003). O tubo deveria permanecer na horizontal para que a bolinha de tênis permanecesse no centro do tubo (WULF *et al.*, 2003). Os indivíduos realizaram dois dias de treinos recebendo instruções de foco (WULF *et al.*, 2003). Os participantes deveriam concentrar-se em suas mãos (foco interno) ou no tubo (foco externo) (WULF *et al.*, 2003). No terceiro dia, realizaram o teste de retenção (tarefa idêntica sem instrução de foco) e de transferência (a tarefa sem o tubo) (WULF *et al.*, 2003). Os resultados mostraram menor oscilação postural e menor índice de erro (desvio da bola às extremidades do tubo) para o grupo do foco de atenção externo comparado ao interno (WULF *et al.*, 2003). Todos esses estudos confirmam que manter um foco de atenção externo pode ser uma maneira eficaz de otimizar tanto o desempenho (WULF *et al.*, 2008; PORTER *et al.*, 2010; LOHSE *et al.*, 2010; ZARGHAMI *et al.*, 2012) quanto a aprendizagem de habilidades motoras (TOTSIKA e WULF, 2003; WULF *et al.*, 2003).

Apesar dos inúmeros estudos que documentam os efeitos do foco de atenção no nível de resultados de tarefas motoras, poucos investigaram os efeitos do foco na organização dos movimentos subjacentes a estes resultados. Possivelmente, os efeitos positivos do foco externo estão relacionados à mudanças no nível da coordenação. (HOSSNER e EHRENSPIEL, 2010; LOHSE *et al.*, 2010; LOHSE e SHERWOOD, 2012). Lohse *et al.* (2010) propuseram a hipótese de que a atenção pode reduzir a variabilidade nos aspectos da tarefa que estiverem sob seu foco. Assim, se a

atenção é direcionada aos segmentos corporais dos participantes da tarefa (foco interno), há redução de variabilidade do movimento destes segmentos (HOSSNER e EHRENSPIEL, 2010; LOHSE *et al.*, 2010; LOHSE e SHERWOOD, 2012). Por outro lado, se a atenção é direcionada aos objetos que o indivíduo manipula ou aos efeitos da sua ação no meio ambiente (foco externo), há redução de variabilidade do movimento do objeto ou da sua ação no meio ambiente, ou seja, uma estabilização do desempenho (LOHSE *et al.*, 2010; LOHSE e SHERWOOD, 2012). Por exemplo, quando se atira um dardo, manter a atenção no braço (foco interno) reduz a variabilidade dos movimentos do braço e manter atenção no voo do dardo (foco externo) reduz a variabilidade do movimento do dardo. Um aspecto importante desta hipótese é a predição que o foco interno pode restringir a variabilidade dos movimentos segmentares, quanto o foco externo pode enriquecer esta variabilidade. A variabilidade segmentar aumentada pode ser explorada em benefício do objetivo da tarefa (HOSSNER e EHRENSPIEL, 2010; LOHSE *et al.*, 2010). Neste caso, com foco externo, os movimentos segmentares seriam combinados e compensados entre si de maneira flexível para estabilizar o desempenho final. Caso essa especulação esteja correta, e o foco de atenção realmente interfira na coordenação dos movimentos, seus efeitos devem ser detectáveis na organização de sinergias motoras.

O termo sinergia motora diz respeito a um estilo de organização em um sistema de múltiplos elementos, em particular, o sistema neuromusculoesquelético, no contexto da produção de movimentos (LATASH *et al.*, 2002; LATASH *et al.*, 2007; LATASH, 2008). O sistema sinérgico apresenta três características, o compartilhamento, a compensação de erro e a dependência da tarefa (LATASH, 2008). O compartilhamento é caracterizado pelo trabalho conjunto dos elementos: há uma divisão de funções entre eles para alcançar o resultado final da tarefa (LATASH, 2008). A compensação de erro é caracterizada pela capacidade dos elementos de se reorganizarem (LATASH, 2008) de tal maneira que, caso algum elemento introduza um erro que possa afetar o resultado final da tarefa, os outros elementos alteram sua configuração para minimizar este erro e garantir o desempenho satisfatório (LATASH *et al.*, 2002; LATASH, 2008). A dependência da tarefa se refere ao propósito funcional de uma sinergia: ela é sempre organizada para permitir

desempenho estável e flexível em tarefas motoras específicas (LATASH, 2008). Assim, ao se organizarem em sinergia, os elementos do sistema neuromusculoesquelético cooperam entre si, ajustando-se a modificações externas e internas, permitindo que o movimento seja coordenado e que o desempenho seja adequado (LATASH *et al.*, 2007). A tarefa de atirar com uma arma fornece um bom exemplo de organização sinérgica. Para que o indivíduo tenha sucesso na tarefa, ou seja, consiga acertar o alvo, é necessário um ótimo posicionamento do cano da arma no espaço. O posicionamento do cano da arma no espaço depende do posicionamento de várias articulações do corpo. Caso alguma articulação produza um movimento exagerado, como por exemplo uma abdução excessiva do ombro, o desempenho pode ser comprometido. Porém, com uma organização motora sinérgica, outros elementos, como por exemplo o cotovelo, podem compensar a abdução, produzindo maior extensão e reorientando o posicionamento adequado da arma no espaço, garantindo o desempenho satisfatório. Esta tarefa, portanto, ilustra as três características da sinergia: compartilhamento – participação de todas as articulações; compensação de erro – o erro produzido por uma articulação é compensado com a reorganização das outras articulações para garantir o desempenho; e a dependência da tarefa – toda a organização se dá para garantir que o objetivo funcional da tarefa seja alcançado.

Para investigar a organização de sinergias foi desenvolvido o método *Uncontrolled Manifold* (UCM) (SCHOLZ e SCHONER, 1999; LATASH *et al.*, 2002; SCHOLZ *et al.*, 2000; LATASH *et al.*, 2001; SCHOLZ *et al.*, 2003; LATASH *et al.*, 2007). O método envolve a análise da variabilidade dos elementos que contribuem para uma determinada tarefa motora (SCHOLZ e SCHONER, 1999, LATASH *et al.*, 2007; LATASH *et al.*, 2008). Tomando como exemplo, novamente, a tarefa de atirar, é possível distinguir, através do UCM, as combinações de variações articulares do ombro, do cotovelo, do antebraço e do punho que não afetam daquelas que afetam o desempenho na tarefa. A análise divide as variâncias dos elementos em dois espaços matemáticos, o espaço do *Uncontrolled Manifold* ( $V_{ucm}$ ) e o espaço ortogonal ( $V_{ort}$ ) (SCHOLZ e SCHONER, 1999; LATASH *et al.*, 2007; LATASH, 2008).  $V_{ucm}$  é a variância dentro do espaço de combinações que não afetam a posição final do projétil no alvo, ou seja, as variações que ocorrem dentro deste espaço compensam-se

mutuamente de forma a manter o desempenho estável. Este espaço é chamado de *Uncontrolled*, ou “não controlado” porque os valores articulares presentes neste espaço teriam liberdade para variar sem afetar o desempenho na tarefa em questão, mantendo-o, portanto, estável (SCHOLZ e SCHONER, 1999; LATASH *et al.*, 2002; LATASH, 2008; LATASH *et al.*, 2007). O espaço de projeções que contém variância que afetam a posição do projétil no alvo está fora do UCM e é chamado de espaço ortogonal à UCM ( $V_{ort}$ ) (SCHOLZ e SCHONER, 1999; LATASH *et al.*, 2002; LATASH, 2008). Nas variações externas ao UCM não há compensações mútuas de elementos de forma a preservar o objetivo da tarefa (SCHOLZ e SCHONER, 1999; LATASH, 2008).

Para a análise de sinergias por meio do método UCM, são definidas variáveis elementares (VE) e variáveis de controle (VC). Variáveis elementares são configurações do sistema neuromusculoesquelético que podem ser alteradas independentemente umas das outras, ou seja, representam elementos que possam ter alteração de sua configuração sem interferência na configuração dos outros (LATASH *et al.*, 2007; LATASH, 2008). É comum tratar ângulos articulares como variáveis elementares. Por exemplo, os ângulos articulares do ombro, do cotovelo, do antebraço e do punho seriam VEs na tarefa de atirar, pois quando a configuração de uma destas articulações é modificada, não necessariamente as outras também precisam se modificar. Já as VC são as variáveis cuja estabilização é importante para alcançar sucesso no objetivo final da tarefa (LATASH *et al.*, 2007; LATASH, 2008). Na tarefa de atirar uma possível VC seria a orientação final do cano da arma. A análise de UCM é baseada na hipótese de que as VEs se organizam em uma sinergia para estabilizar a VC (LATASH *et al.*, 2002; LATASH *et al.*, 2007; LATASH, 2008). Os resultados da análise permitem verificar se a hipótese se sustenta, ou seja, se de fato se formou uma sinergia para estabilizar a VC escolhida, bem como caracterizar os atributos desta sinergia.

A mensuração da variabilidade das VEs no decorrer de várias repetições da tarefa é utilizada para caracterizar a presença e a força de uma sinergia (LATASH *et al.*, 2007; LATASH, 2008). Para isso, a variação das VEs é classificada em variação que pertence ao  $V_{ucm}$  e variação que ocorre no espaço exterior ao  $V_{ucm}$ , o  $V_{ort}$  (LATASH *et al.*, 2007). Se a maior proporção da variação das VEs ocorre fora do  $V_{ucm}$ , isso indica que a variação das VEs não



está ocorrendo de maneira a estabilizar a variável de controle, e que portanto uma sinergia não foi formada para a VC em questão (SCHOLZ e SCHONER, 1999; LATASH, 2008). Por outro lado, se a maior parte da variação ocorre dentro do  $V_{ucm}$ , isso indica a formação de uma sinergia, pois existe compensação mútua de erro e um comportamento cooperativo entre elementos do sistema neuromuscular para estabilizar a VC (SCHOLZ e SCHONER, 1999; LATASH, 2008). Para mensurar a força de uma sinergia, é calculada a razão entre os valores de variação das variáveis elementares dentro e fora do UCM. Quanto maior for esta razão, mais forte é a sinergia (LATASH *et al.*, 2002), pois há, proporcionalmente, mais variação no  $V_{ucm}$  comparado ao  $V_{ort}$ .

A força de uma sinergia pode afetar o desempenho. Quanto mais forte for uma sinergia, maior será a proporção de variação do tipo cooperativo, com elementos do sistema neuromusculoesquelético corrigindo-se mutuamente para manter o desempenho satisfatório. Uma sinergia forte pode proteger o desempenho contra erros internos e variações contextuais (LATASH *et al.*, 2007). Visto que o foco de atenção externo produz melhor desempenho em tarefas motoras (WULF *et al.*, 2008; LOHSE *et al.*, 2010; PORTER *et al.* 2010; ZARGHAMI *et al.*, 2012), e supondo que este efeito esteja relacionado ao efeito da atenção sobre a variabilidade motora (LOHSE e SHERWOOD, 2012; LOHSE *et al.*, 2010; HOSSNER e EHRENSPIEL, 2010), é adequado supor que os efeitos do foco de atenção se manifestem na força de sinergias. Especificamente, um foco de atenção externo poderia produzir sinergias caracterizadas como mais fortes pelo método UCM.

O objetivo deste estudo foi comparar a organização das sinergias motoras, por meio do método UCM, sob focos de atenção interno e externo em uma tarefa de movimento funcional. A hipótese desta investigação foi de que a sinergia observada sob instruções de foco externo apresentaria, proporcionalmente, mais variação das VEs no UCM do que no espaço ortogonal, comparado ao foco interno. O foco externo também produziria melhor desempenho da tarefa do que o foco interno.

Compreender como o foco externo pode influenciar a coordenação motora e o desempenho pode ser relevante para profissionais da clínica de fisioterapia. A partir dos resultados deste estudo, é possível iniciar

investigações para determinar se instruções dadas aos pacientes sobre o foco de sua atenção de fato são capazes de afetar a força de sinergias motoras. Estratégias terapêuticas capazes de afetar sinergias motoras podem ser aplicáveis na elaboração de métodos para o treinamento de movimentos funcionais na reabilitação.

Para avançar na compreensão da organização das sinergias que dão suporte a movimentos funcionais, este estudo utilizou como tarefa experimental o movimento de passar de sentado para de pé (SDP) segurando uma caneca durante o movimento. Esta é uma tarefa comum e muito relevante para as atividades diárias dos pacientes em reabilitação (SCHOLZ e BRANDT, 1997; JANSSEN *et al.*, 2002; DALL e KERR, 2010). O SDP associado à estabilização manual de objetos representa uma demanda de coordenação refinada por causa da rápida transferência de uma ampla base de apoio para uma posição de estabilidade reduzida sob os pés (SCHOLZ e BRANDT, 1997). As VEs disponíveis para esta tarefa, tais como ângulos articulares do tornozelo, do joelho, do quadril, da pelve-lombar, da lombar-torácica, da esternoclavicular, do ombro, do cotovelo, do punho e da mão-caneca podem ser organizadas para estabilizar VCs candidatas, como a variabilidade da posição da mão (VPM), variabilidade da posição da caneca (VPC), variabilidade do ângulo da mão (VAM) e a variabilidade do ângulo da caneca (VAC). Estas variáveis de controle estão diretamente relacionadas com as instruções para manter o foco de atenção interno (no corpo) ou externo (no objeto) (LOHSE e SHERWOOD, 2012). Compreender como o foco de atenção afeta a coordenação do movimento SDP poderá ajudar a desenvolver intervenções de reabilitação para essa tarefa.

## 2 MATERIAIS E MÉTODO

### 2.1 Delineamento do estudo

Neste estudo as coletas dos dados foram feitas, para cada participante, em uma única sessão experimental. Nesta sessão, a tarefa de passar de sentado para de pé (SDP) segurando uma caneca com o membro superior não dominante foi realizada com dois diferentes focos de atenção, o foco interno e o foco externo.

O estudo foi desenvolvido no Instituto de Estudos Avançados Transdisciplinares (IEAT) no prédio de Fisioterapia da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG).

### 2.2 Amostra

O presente estudo contou com uma amostra de conveniência composta por jovens saudáveis entre 18 e 30 anos e destros. Não foram incluídos no estudo indivíduos portadores de qualquer doença que afete a função motora; que apresentem dor nos braços, nas pernas e/ou deficiências músculo esqueléticas que afetem o desempenho da tarefa sentado para de pé (GREVE *et al.*, 2013). Os indivíduos foram recrutados através de divulgação em sites, salas de aula e parcerias com outros projetos da universidade. Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais com o protocolo 1.410.515.

### 2.3 Instrumentos

Para a coleta de dados foi utilizado um sistema de análise tridimensional do movimento, um banco regulável, um painel com um alvo visual e uma caneca. A coleta de dados da tarefa SDP foi avaliada por meio de um sistema de análise de movimento tridimensional (*Codamotion, Charnwood Dynamics, Rothley, Inglaterra*). O sistema possui três unidades de captura e marcadores ativos. O banco foi feito exclusivamente para o projeto com a armação de ferro, o assento de madeira redondo e regulagem de altura. O painel ficou a 1 metro e 45 cm à frente do posicionamento do banco e foi utilizado para posicionar um alvo visual, cuja altura foi proporcional à altura de cada participante. A caneca ficou vazia, pois o líquido poderia distrair o participante e dificultar a diferenciação entre as condições de foco interno e externo.

#### 2.4 Procedimentos

Os participantes foram informados de todos os procedimentos do estudo e sobre os critérios de inclusão e exclusão. Concordando em participar, os participantes assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido (APÊNDICE-1). Em seguida responderam a um questionário sobre dados pessoais (APÊNDICE-2). Em seguida, as medidas de estatura e massa corporal foram registradas. Estudos mostram que as diferenças entre os focos de atenção são mais relevantes em tarefas mais difíceis (LANDERS *et al.*, 2005; WULF *et al.*, 2007; WULF *et al.*, 2008). Por isso, o examinador mediu o comprimento da perna (da cabeça da fíbula até o chão) e regulou a altura do banco em 80% deste valor. Além disso, cada participante segurou a caneca com a mão esquerda, sendo esta sua mão não-dominante. Um alvo visual foi posicionado em frente ao participante na altura de seus olhos antes do início da coleta.

#### 2.5 Avaliação da tarefa sentado para de pé

Para registro do movimento, foram posicionadas estrategicamente três câmeras na área de coleta, para uma ótima visualização de todos os marcadores ativos. Foram colocados, sobre o chão, três marcadores dispostos em L, para criação de coordenadas do laboratório.

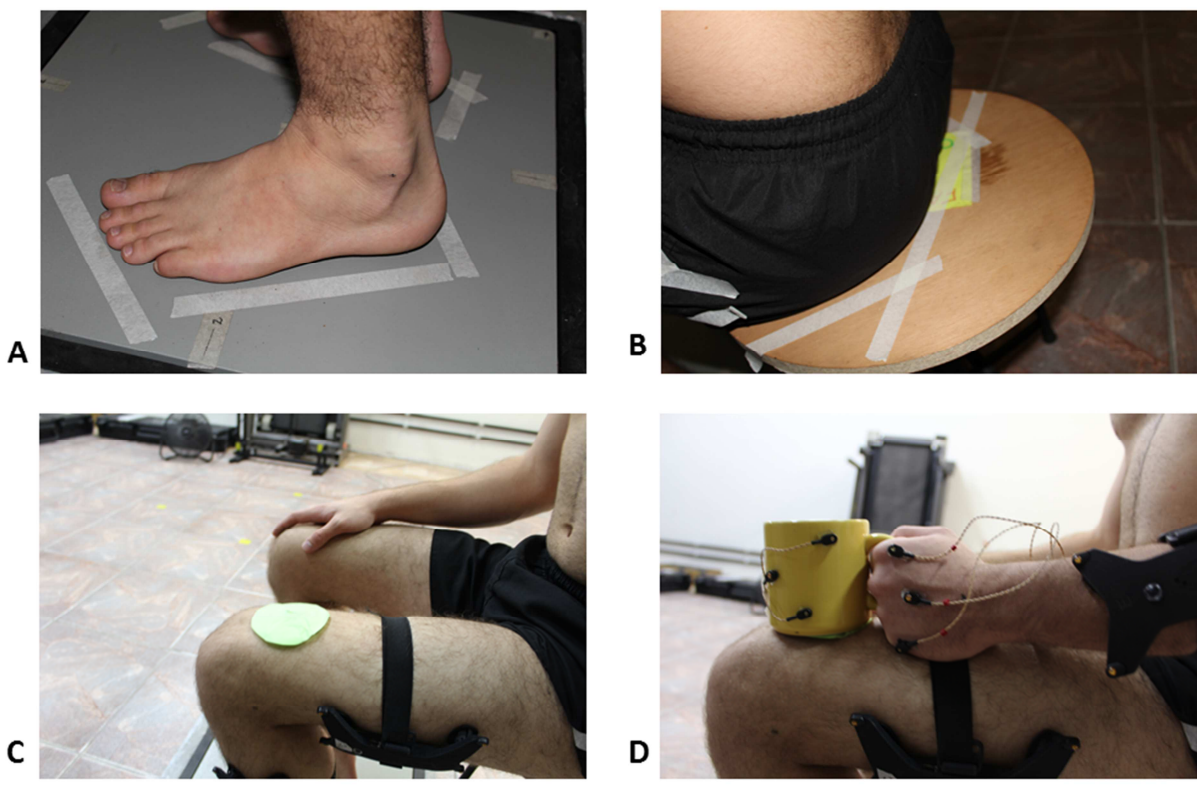
O modelo geométrico utilizado para este estudo foi criado no programa Odin, baseado em SCHOLZ e SCHONER (1999). Nos segmentos da perna esquerda, da coxa esquerda, do braço esquerdo e do antebraço esquerdo foram utilizados os *clusters* (agrupamentos) de rastreamento do próprio *Codamotion*. Nos segmentos da cabeça, do tronco, da mão e na caneca foram acoplados marcadores ativos, afixados com fita dupla-face. Foram criadas, ainda, marcas virtuais na articulação do ombro, do cotovelo, do punho, do quadril, do joelho e do tornozelo para determinar o comprimento de cada segmento.

Os *clusters* dos membros foram posicionados na região lateral de cada segmento. Os marcadores ativos do tronco foram posicionados no processo espinhoso de C7, T12 e L5. Os marcadores ativos da mão foram posicionados na base do segundo e quinto metacarpo e no meio da falange do terceiro metacarpo. Para formar o segmento da cabeça, os marcadores ativos foram posicionados na parte lateral da orelha (na linha do processo mastoide) e no osso temporal (na linha do olho esquerdo). Na caneca os marcadores formaram um triângulo na parte lateral. Como referência anatômica para criação de marcas virtuais foram utilizados o centro da articulação do ombro, o epicôndilo lateral do úmero, o osso capitato, o trocânter maior do fêmur, a linha articular entre a tíbia e a fíbula e maléolo lateral (SCHOLZ e SCHONER, 1999; SCHOLZ *et al.*, 2001; GREVE *et al.*, 2013).

O participante se manteve descalço e em posição ortostática confortável. Um mesmo examinador, através da palpação, identificou as proeminências ósseas e marcou a pele do indivíduo. A posição das referências anatômicas foi informada digitalmente ao sistema a partir da aplicação do protocolo *Calibrated Anatomical System Technique* (CAPOZZO *et al.*, 1995). O programa *Codamotion Pointer* definiu a posição de cada um destes pontos dentro do sistema de coordenadas globais (CAPOZZO *et al.*, 1995). Após estes procedimentos, o modelo foi criado no *software*.

Para realização da coleta, o indivíduo se sentou no banco, segurando uma caneca de porcelana que ficou apoiada sobre sua coxa. As posições dos pés (ver fig1), do quadril (ver fig 2) e da caneca sobre a coxa (ver figs 3 e 4) foram marcadas para padronizar a posição inicial.

Figura 1- Padronização da posição inicial do indivíduo



(A) Padronização da posição inicial dos pés dos indivíduos. (B) Padronização da posição inicial do quadril dos indivíduos. (C) Marca utilizada para padronizar a posição da caneca. (D) Padronização da posição inicial da caneca dos indivíduos.

O indivíduo recebeu esclarecimentos sobre os objetivos do estudo e instruções por escrito (APÊNDICE 2). Em seguida foi iniciada a coleta com instruções explícitas para os diferentes focos de atenção, em dois blocos de 20 repetições da tarefa, sendo um bloco para foco interno e outro para foco externo. A ordem dos blocos foi alternada para cada participante. A cada intervalo de 10 repetições, os indivíduos preencheram um formulário do quão bem eles foram capazes de seguir as instruções de foco (APÊNDICE 2). Na

mudança de um bloco de foco para o outro, o participante leu novas instruções (APÊNDICE 4).

Para induzir o foco de atenção interno os voluntários receberam a seguinte instrução: “Por favor, levante-se olhando para o alvo à frente. Comece quando eu disser ‘vai’. Por favor, concentre-se mentalmente em manter sua mão estável. Então, pense em sua mão ao levantar-se” (WULF *et al.*, 2016; QUERFURTH *et al.*, 2016). Uma instrução simples de reforço foi dada antes de cada repetição: “Por favor, lembre-se de se concentrar mentalmente em manter sua mão estável”. Para induzir o foco externo, a instrução foi: “Por favor, levante-se olhando para o alvo à frente. Comece quando eu disser ‘vai’. Por favor, se concentre mentalmente em manter a caneca estável. Então, pense na caneca ao levantar-se” (WULF *et al.*, 2016; QUERFURTH *et al.*, 2016). Antes de cada repetição, também houve instrução de reforço: “Por favor, lembre-se de se concentrar mentalmente em manter a caneca estável”.

## 2.6 Redução dos dados

Os dados obtidos pelo sistema foram importados para o MATLAB para análise através do método *Uncontrolled Manifold (UCM)*. Primeiramente, os dados das trajetórias dos marcadores foram filtrados com um filtro passa-baixo do tipo *Butterworth* de quarta ordem, com frequência de corte de 6Hz (SCHOLZ *et al.*, 2001; GREVE *et al.*, 2013). Perdas de até 20 quadros nas séries temporais dos dados foram interpolados. Foram calculados os ângulos articulares do tornozelo, do joelho, do quadril, da coluna lombar, da coluna torácica, da cervical, da atlanto-occipital, da esternoclavicular, do ombro, do cotovelo, do punho, da mão em relação a caneca, da mão em relação a horizontal e da caneca em relação a horizontal no plano sagital. Através das posições dos segmentos da perna, da coxa, da pelve, do tronco inferior, do tronco superior, da cervical, da cabeça, da clavícula, do braço, do antebraço, da mão e da caneca foram calculados os comprimentos segmentares e os ângulos articulares no plano sagital. Foram também calculados a posição do centro de massa (CM), da mão e da caneca e os ângulos articulares da mão e da caneca ao longo do movimento. As posições do CM nos eixos y e z são dadas pela fórmula:

$$Y_{CM} = \frac{m_1 * y_1 + m_2 * y_2 + m_3 * y_3 + \dots + m_n * y_n}{m_1 + m_2 + m_3 + m_4}$$

$$Z_{CM} = \frac{m_1 * z_1 + m_2 * z_2 + m_3 * z_3 + \dots + m_n * z_n}{m_1 + m_2 + m_3 + m_4}$$

$$CM = (Y_{CM}, Z_{CM})$$

em que  $m$  é a massa de cada segmento, os números são referentes a cada segmento do corpo e  $y/z$  são as coordenadas da posição do centro de massa de cada um dos segmentos (RAMALHO e TEODORO).  $Y$  representa a direção ântero-posterior (AP) e  $Z$  a direção supero-inferior (SI).

Em seguida, a partir da análise visual dos dados, foram padronizados o início e fim do movimento para determinar o período de cada tentativa. O início do movimento foi caracterizado pelo aumento da velocidade da coordenada horizontal do CM em direção a seu pico (SCHOLZ e SCHONER, 1999). O final do movimento foi determinado pelo final da redução da velocidade da coordenada vertical do CM em direção à sua estabilização. Após determinado o início e o fim do movimento de SDP, cada teste foi normalizado pelo tempo de movimento. Este período do movimento foi dividido em três fases: fase preparatória (1-30%), fase de levantar (31-60%) e fase de extensão (61-100%) (GREVE *et al.*, 2013).

A implementação da análise de UCM (SCHOLZ e SCHONER, 1999; LATASH *et al.*, 2007) foi executada em 5 passos apresentados em seguida:

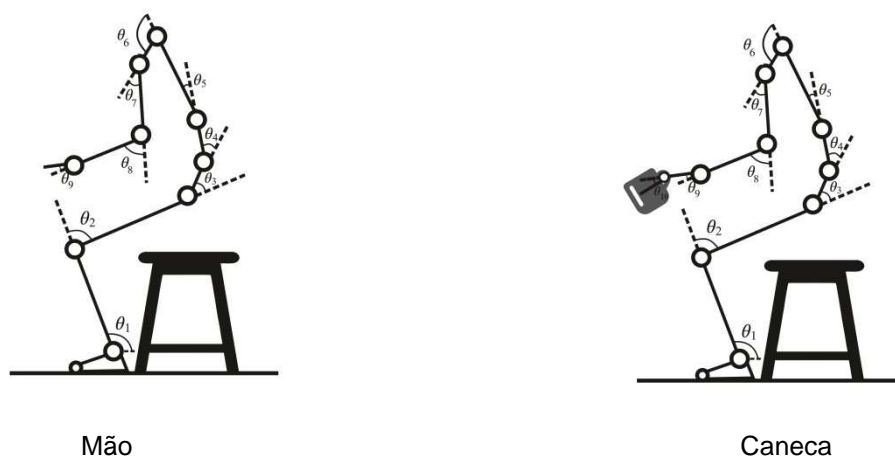
1) Seleção das variáveis elementares (VE). As VEs do presente estudo foram os ângulos articulares do tornozelo, do joelho, do quadril, da pelve-lombar, da lombar-torácica, da cervical, da atlanto-occipital, da esternoclavicular, do ombro, do cotovelo, do punho (SCHOLZ e SCHONER, 1999; GREVE *et al.*, 2013) e da mão em relação ao caneca no plano sagital, calculados através dos dados de posição dos marcadores do sistema de análise de movimento.



2) Seleção das variáveis de controle (VC). Foram tratadas como VCs a posição linear da mão e da caneca e o ângulo da mão e da caneca em relação à horizontal ao longo do movimento. Como as instruções de foco de atenção se referem especificamente à estabilização horizontal da mão e da caneca, é provável que as sinergias motoras se organizem para estabilizar as posições lineares e angulações desses segmentos.

3) Criação de um modelo geométrico: Um modelo geométrico conecta as VEs a cada VC. Assim um modelo geométrico foi criado para cada VC da tarefa em Y e Z (APÊNDICE-4) e em cada instante da tarefa (SCHOLZ e SCHONER, 1999; SCHOLZ *et al.*, 2001). O modelo geométrico representa as conexões de acordo com a forma, tamanho e posição das VE em relação a VC.

Figura 2- Modelo geométrico



Modelo geométrico criado para conectar as VE a cada VC, em que 1 é o ângulo articular do tornozelo, 2 do joelho, 3 do quadril, 4 da pelve-lombar, 5 da lombar-torácica, 6 da esternoclavicular, 7 do ombro, 8 do cotovelo, 9 do punho, 10 ângulos formados entre a mão e a caneca. Os círculos azuis são os posicionamentos e ou angulações da VC correspondente ao modelo geométrico.

4) Definição da matriz jacobiana. A partir do modelo geométrico foi calculada a matriz jacobiana (J) para relacionar as mudanças nas VEs que refletem em mudanças na VC. J é definida pelas derivadas parciais (taxa de variação) do modelo geométrico informando o quanto um movimento de uma

VE reflete na mudança VC, enquanto as outras VEs se mantêm constantes (SCHOLZ e SCHONER, 1999; SCHOLZ *et al.*, 2001; LATASH, 2008). Por exemplo:

$$J = \begin{bmatrix} \frac{\partial VC_Y}{\partial \theta_1} + \frac{\partial VC_Y}{\partial \theta_2} + \frac{\partial VC_Y}{\partial \theta_3} \dots \frac{\partial VC_Y}{\partial \theta_{10}} \\ \frac{\partial VC_Z}{\partial \theta_1} + \frac{\partial VC_Z}{\partial \theta_2} + \frac{\partial VC_Z}{\partial \theta_3} \dots \frac{\partial VC_Z}{\partial \theta_{10}} \end{bmatrix}$$

J é a matriz jacobiana.  $\frac{\partial VC}{\partial \theta}$  é a variação da VC escolhida em relação a cada VE. Y é a direção antero superior. Z é a direção supero inferior.  $\theta$  são os ângulos articulares (VE). Os números se referem a cada ângulo articular- VE do modelo geométrico. Foi determinada uma matriz jacobiana para cada modelo geométrico.

Definida a matriz Jacobiana foi calculado seu espaço nulo. O espaço nulo representa todas as possíveis combinações das VEs que levam ao mesmo valor da VC escolhida (SCHOLZ e SCHONER, 1999; SCHOLZ *et al.*, 2001; LATASH, 2008). Assim, o espaço nulo é definido pelas configurações destas VEs que não interferem na VC, e este conjunto de valores formam os vetores de base,  $\epsilon$ . O subespaço UCM foi então definido pela aproximação linear do espaço nulo da matriz jacobiana. Para o calculo do espaço nulo, foram calculadas as configurações de referências da articulação em cada instante do movimento. As configurações de referências são os valores médio de cada VE no decorrer de todas as repetições da tarefa. Assim o espaço nulo é definido pela formula: (LATASH *et al.*, 2008; HSU e SCHOLZ, 2012).

$$J * (\overline{\theta}_i) * \epsilon_i = 0$$

Em que  $\epsilon$  são os vetores de base do espaço nulo em cada instante do movimento e  $\overline{\theta}_i$  é configuração de referência das articulações, ou seja a média da posição articular entre as várias repetições da tarefa, sendo  $i$  o instante do movimento (SCHOLZ *et al.*, 2000; HSU e SCHOLZ, 2012).

5) Divisão da variabilidade em  $V_{ucm}$  e  $V_{ort}$ . Finalmente, foram calculadas as projeções das VE para a UCM e para o seu complemento ortogonal ( $V_{ucm}$  e  $V_{ort}$ , respectivamente) entre as repetições da tarefa. A matriz menos a configuração de referência de cada articulação ( $\theta_{ij} - \bar{\theta}_i$ ) em cada instante do movimento para cada tentativa define as projeções das VE no espaço UCM e no espaço ortogonal (HSU e SCHOLZ, 2012).

$$\theta_{\parallel} = (\theta_{ij} - \bar{\theta}_i) * \varepsilon_i$$

$$\theta_{\perp} = (\theta_{ij} - \bar{\theta}_i) - \theta_{\parallel}$$

Em que  $\theta_{\parallel}$  é a projeção do vetor de desvio de cada VE no espaço nulo  $\theta_{\perp}$  é a projeção do vetor de desvio de cada VE no espaço ortogonal.  $\bar{\theta}_i$  é configuração de referência das articulações.  $\varepsilon$  são os vetores de base.

Foi calculada a variância total de cada articulação no  $V_{ucm}$  e no  $V_{ort}$  (SCHOLZ *et al.*, 2000).

$$V_{ucm} = \sigma_{\parallel}^2 = \frac{\sum \theta_{\parallel}^2}{(n - d) * N_{tentativas}}$$

$$V_{ort} = \sigma_{\perp}^2 = \frac{\sum \theta_{\perp}^2}{d * N_{tentativas}}$$

Onde  $\sum$  é a somatória do desvio entre os ângulos obtidos com a linearização do UCM ao quadrado, n é o número total variáveis elementares, d é o número de graus de liberdade que a tarefa necessita para ser executada e N é o número de repetições da tarefa.

Foi observado em qual subespaço ( $V_{ucm}$  e  $V_{ort}$ ) houve maior variabilidade das VEs. Segundo a hipótese desta investigação, a sinergia observada sob instruções de foco externo apresentaria, proporcionalmente, mais variação das VEs no UCM do que no espaço ortogonal, comparado ao foco interno. Para cada indivíduo e condição experimental em cada VC, foram calculados índices de sinergia dados pela fórmula:

$$\text{Índice de sinergia} = \frac{V_{ucm} - V_{ort}}{V_{ucm} + V_{ort}}$$

Foram obtidas médias para cada grupo (foco interno e foco externo).

Para caracterização do desempenho do indivíduo na tarefa foram calculados a média e o desvio-padrão das variáveis posição e angulação da mão e da caneca ao longo do movimento. O desvio padrão foi utilizado para informar sobre a estabilidade do desempenho do indivíduo durante a tarefa.

## 2.7 Análise estatística

A análise investigou os efeitos do foco da atenção na força das sinergias motoras em jovens. O SPSS foi utilizado para as análises. Em todas as análises o nível de significância foi estabelecido em  $\alpha < 0,05$ .

A amostra foi caracterizada em relação à média e desvio padrão de idade, altura, peso e capacidade de concentração. O sexo foi descrito com contagem de frequência.

O desempenho nos dois diferentes focos de atenção foi quantificado pela consistência do ângulo da mão e da caneca e a consistência da posição da mão e da caneca. A consistência foi definida pelo desvio padrão da média ao longo do tempo em cada tentativa da tarefa. O desempenho da tarefa entre os dois focos de atenção foi comparado através de testes t pareados.

Para comparar o índice de sinergia entre condições foi utilizado uma ANOVA 2x3 - foco de atenção (foco interno e externo) e fase do movimento (fase inicial, média e final) para comparar valores de  $V_{ucm}$ ,  $V_{ort}$ , e índice de sinergia, para cada variável de controle. Esperava-se que a razão entre  $V_{ucm}$  e  $V_{ort}$  fosse maior com o foco de atenção externo comparado ao foco interno.

### 3 RESULTADOS

Trinta e dois adultos jovens participaram do estudo. Destes, 1 solicitou que a coleta fosse interrompida devido ao cansaço. Perdas de rastreamento levaram a exclusão dos dados de outros 4 participantes. Assim, 27 foram incluídos na amostra final.

Os participantes apresentaram média de idade de 23,54 anos ( $\pm$  3,24 anos); média de altura de 1,68 metros ( $\pm$  0,084 metros) e peso médio de 64 quilogramas ( $\pm$  12,29 quilogramas). A nota média de capacidade de concentração para o foco externo foi de 8,43 ( $\pm$  1,38) e para o foco interno foi de 8,14 ( $\pm$  1,50). Dezenove participantes eram do sexo feminino (69,23%) e oito do sexo masculino (30,77%). Quinze participantes iniciaram a tarefa recebendo as instruções do foco externo (55,55%) e doze de foco interno (44,44%).

#### 3.1 Efeito do foco no desempenho

As variáveis utilizadas para mensurar o desempenho - consistência do ângulo da mão e da caneca e a consistência da posição da mão e da caneca - foram comparadas para cada foco de atenção com testes t pareados. Os testes t pareados mostraram efeito significativo apenas na VAM ( $p= 0,012$ ) (ver tabela 1), indicando melhores resultados para a estabilização (redução da variabilidade) do ângulo da mão quando os indivíduos foram instruídos a concentrar-se na mão (foco interno).

Tabela 1- Resultado do efeito do foco de atenção no desempenho do indivíduo

Variável de desempenho	Efeito do foco de atenção
Ângulo da mão	0,012 *
Ângulo da caneca	0,168
Posição da mão	0,268
Posição da caneca	0,111

\* $p \leq 0,05$ 

### 3.2 Sinergia para estabilização do ângulo da caneca

Na  $V_{ucm}$ , houve diferença significativa apenas entre as fases do movimento ( $p < 0,0001$ ), sem diferença significativa em razão do foco de atenção ( $p = 0,376$ ) e da interação fase x foco ( $p = 0,595$ ). Na  $V_{ort}$ , houve significância no fator fases ( $p < 0,0001$ ), sem efeitos de foco de atenção ( $p = 0,648$ ) e de interação fase x foco ( $p = 0,259$ ). No índice da sinergia, não houve diferença em razão do foco de atenção ( $p = 0,473$ ), das fases de movimento ( $p = 0,507$ ) ou da interação fase x foco ( $p = 0,301$ ).

### 3.3 Sinergia para estabilização do ângulo da mão

Na  $V_{ucm}$ , houve diferença significativa apenas entre as fases do movimento ( $p < 0,0001$ ), sem diferença significativa em razão do foco de atenção ( $p = 0,876$ ) e da interação fase x foco ( $p = 0,356$ ). Na  $V_{ort}$ , houve significância no fator fases ( $p = 0,031$ ), sem efeitos de foco de atenção ( $p = 0,191$ ) e de interação fase x foco ( $p = 0,645$ ). No índice da sinergia, houve diferença significativa apenas entre as fases do movimento ( $p < 0,0001$ ), sem diferença em razão do foco de atenção ( $p = 0,297$ ) e da interação fase x foco ( $p = 0,922$ ).

### 3.4 Sinergia para estabilização da posição da mão

Na  $V_{ucm}$ , houve diferença significativa apenas entre as fases do movimento ( $p < 0,0001$ ), sem diferença significativa em razão do foco de atenção ( $p = 0,785$ ) e da interação fase x foco ( $p = 0,425$ ). Na  $V_{ort}$ , houve significância no fator fases ( $p < 0,0001$ ), sem efeitos de foco de atenção ( $p = 0,689$ ) e de interação fase x foco ( $p = 0,963$ ). No índice da sinergia, houve diferença significativa apenas entre as fases do movimento ( $p = 0,049$ ), sem diferença em razão do foco de atenção ( $p = 0,945$ ) e da interação fase x foco ( $p = 0,619$ ).

### 3.5 Sinergia para estabilização da posição da caneca

Na  $V_{ucm}$ , houve diferença significativa apenas entre as fases do movimento ( $p < 0,0001$ ), sem diferença significativa em razão do foco de atenção ( $p = 0,372$ ) e da interação fase x foco ( $p = 0,607$ ). Na  $V_{ort}$ , houve significância no fator fases ( $p < 0,0001$ ), sem efeitos de foco de atenção ( $p = 0,982$ ) e de interação fase x foco ( $p = 0,834$ ). No índice da sinergia, houve diferença significativa apenas entre as fases do movimento ( $p < 0,0001$ ), sem diferença em razão do foco de atenção ( $p = 0,962$ ) e da interação fase x foco ( $p = 0,776$ ).

## 4 DISCUSSÃO

Este estudo investigou diferenças de desempenho e de organização de sinergias na tarefa de sentado para de pé realizada com diferentes focos de atenção. A hipótese refletia a expectativa que indivíduos apresentariam melhor desempenho sob instruções de foco externo comparado ao interno (WULF, 2008; LOSHE *et al.*, 2010; PORTER *et al.*, 2010; ZARGHAMI *et al.*, 2012). Além disso, havia expectativa de que o foco de a atenção afetaria a variabilidade motora.

Neste estudo, uma vez que as instruções solicitavam manter a mão ou a caneca estável, o desempenho foi mensurado pela variabilidade da posição e do ângulo da mão e da caneca ao longo do tempo. Esperava-se que as instruções de foco tivessem efeito diferencial nestas medidas de estabilidade de desempenho. Um benefício de desempenho no foco externo seria produzido por sinergias, segundo a perspectiva do UCM, mais fortes. Assim, a hipótese do estudo era que sob instruções de foco externo haveria maior variação das variáveis elementares na UCM do que no espaço ortogonal em relação ao foco interno.

### 4.1 Efeito do foco de atenção no desempenho

É necessário salientar que os efeitos esperados do foco de atenção não foram reproduzidos neste experimento. Ou seja, os indivíduos não apresentaram melhor desempenho sob foco de atenção externo quando comparado ao interno. Outros estudos também mostraram ausência de efeito do foco de atenção (KAL *et al.*, 2015; WULF, 2008; LANDERS *et al.*, 2016 e WORMS, 2017). Kal *et al.* (2015) não encontraram benefícios de foco externo em pacientes que sofreram acidente vascular cerebral (AVC) em uma tarefa simples de flexão e extensão de joelho na posição assentada. Wulf (2008) também não encontrou diferenças significativas entre os focos de atenção em



uma tarefa de equilíbrio sobre um disco de borracha em indivíduos altamente treinados em acrobacias. Landers *et al.* (2016) analisaram os efeitos do treinamento de equilíbrio com foco interno e externo em pacientes com Parkinson e não encontraram diferenças significativas entre os grupos. Worms (2017) também não encontrou diferenças significativas de desempenho em idosos saudáveis em uma tarefa de caminhada em esteira utilizando os dois focos de atenção. Pode-se argumentar que o que estes estudos tem em comum é um baixo nível de dificuldade das tarefas analisadas para a população estudada.

Na literatura existem indícios de que as instruções de foco externo são especialmente benéficas quando a tarefa for difícil o suficiente para o indivíduo (LANDERS *et al.*, 2005; WULF *et al.*, 2007). Landers *et al.* (2005) observaram os efeitos do foco de atenção em pacientes com diagnóstico de Parkinson em três tarefas que envolviam o equilíbrio. Os indivíduos deveriam permanecer parados sobre retângulos de papel com os olhos abertos; com os olhos fechados; ou com os olhos abertos porém em uma superfície que inclinava (LANDERS *et al.*, 2005). Os benefícios do foco de atenção externo apareceram apenas na terceira condição, quando o desafio para manter-se em pé era maior (LANDERS *et al.*, 2005). Além disso, os benefícios do foco de atenção externo foram encontrados apenas para os indivíduos com um histórico de queda – sendo que para estes indivíduos a tarefa de equilíbrio se torna mais desafiadora (LANDERS *et al.*, 2005). Wulf *et al.* (2007) observaram os efeitos do foco de atenção em dois experimentos de equilíbrio em indivíduos saudáveis. No primeiro, os indivíduos deveriam permanecer tão estáveis quanto conseguissem sobre uma superfície sólida e sobre uma espuma. No segundo experimento, os indivíduos deveriam equilibrar em um disco de borracha. Os benefícios do foco externo foram significativos apenas na tarefa do segundo experimento – equilibrar no disco. Os resultados destes estudos sugerem que os benefícios do foco de atenção externo aparecem quando a tarefa é desafiadora para o indivíduo.

A ligação entre os efeitos do foco externo e o grau de dificuldade pode estar relacionada à demanda de coordenação motora (LANDERS *et al.*, 2005; WULF *et al.*, 2007). Tarefas relativamente difíceis podem requerer que

os indivíduos interferiram conscientemente em processos que, em tarefas fáceis, já estão automatizados (LANDERS *et al.*, 2005; WULF *et al.*, 2007). O foco externo parece inibir esta intervenção e facilitar o uso de processos automáticos (MCNEVIN *et al.*, 2003, KAL *et al.*, 2013), ou seja, o indivíduo realiza a tarefa sem pensar naquilo que está executando. A execução da habilidade mais automática é mais avançada da aprendizagem motora (FITTS e POSNER, 1967). Esta fase é caracterizada por maior consistência e sucesso na execução das tarefas. Além disso, o foco de atenção externo proporciona a execução de movimentos mais fluentes e regulares (KAL *et. al*, 2013) indicando uma organização mais eficiente e econômica do sistema neuromuscular (ZACHRY *et al.*, 2005; LOSHE *et al.*, 2010;). Possivelmente, se uma tarefa não é desafiadora e o indivíduo já realiza movimentos fluentes e regulares, o foco externo pode não proporcionar vantagens adicionais.

A tarefa de passar de sentado para de pé é uma tarefa comum na vida diária. Estima-se que uma pessoa se levanta aproximadamente 60 vezes por dia (DALL e KERR, 2010). Por isso, duas estratégias foram utilizadas na tentativa de aumentar a dificuldade da tarefa neste estudo: os voluntários se assentaram em um assento baixo e, além disso, utilizaram a mão não dominante para segurar a caneca. Apesar dos cuidados para que a tarefa fosse desafiadora, é possível que ela não tenha sido suficientemente difícil para trazer à tona os efeitos positivos do foco de atenção externo. Assim o desempenho da tarefa não diferiu nas duas condições de foco de atenção, interno e externo, obtendo-se valores similares de variabilidade do ângulo da caneca, da posição da mão e da posição da caneca.

O presente estudo encontrou diferenças entre as condições de foco em apenas uma das variáveis. Em conflito com a maioria dos achados da literatura, foram encontrados efeitos positivos do foco de atenção interno na estabilização da mão. Resultados similares foram encontrados apenas em dois estudos (RIENHOFF *et al.*, 2014 e OLIVEIRA *et al.*, 2015). Rienhoff *et al.* (2014) compararam os efeitos do foco de atenção em indivíduos praticantes de basquete em três diferentes níveis de habilidade - *experts*, avançados e iniciantes. Para manipular os focos de atenção, os participantes foram instruídos a concentrar-se em suas mãos –foco interno- ou na bola – foco

externo, ou não receberam nenhuma instrução de foco. Resultados mostraram melhor desempenho (número de acertos na cesta) na instrução de foco interno ou sem instrução de foco. O estudo de Oliveira *et al.* (2015) compararam os efeitos do foco de atenção em crianças durante uma tarefa de agilidade em L. No foco de atenção externo, os indivíduos deveriam focar nos cones e “impulsionar o chão com o pé” durante a corrida (OLIVEIRA *et al.*, 2015). Como instrução de foco interno, os indivíduos deveriam “focar no movimento das pernas e pés durante a execução do teste” (OLIVEIRA *et al.*, 2015). As crianças concluíram a tarefa em um menor tempo quando receberam instrução do foco interno comparado ao externo (OLIVEIRA *et al.*, 2015).

Neste estudo, o efeito positivo do foco interno apareceu quando o desempenho foi mensurado pela variabilidade do ângulo da mão. Este efeito pode ter vindo à tona devido a relação com a instrução específica – manter a mão estável. Alguns estudos mostram redução da variabilidade nas dimensões do movimento que estejam sob o controle atencional. (LOHSE e SHERWOOD, 2012; LOHSE *et al.*, 2010). Zentgraf e Munzert (2009) também mostraram essa relação em uma tarefa de malabarismo com bolas. Como instrução do foco de atenção interno, os indivíduos deveriam concentrar em seus braços e mãos, realizando o movimento prioritariamente com os antebraços (ZENTGRAF e MUNZERT, 2009) e mantendo o resto do corpo quieto. Como instrução do foco de atenção externo os indivíduos deveriam concentrar nas bolas, que deveriam ser lançadas diretamente pra cima e atingir a mesma altura (ZENTGRAF e MUNZERT, 2009). Os resultados mostraram menor deslocamento dos cotovelos no foco de atenção interno e maior homogeneidade nas alturas das bolas para o foco de atenção externo (ZENTGRAF e MUNZERT, 2009). Assim, o uso do foco de atenção pode mudar aspectos específicos do desempenho relacionados à instrução.

O efeito dos focos de atenção também pode sofrer influência das preferências e capacidades de imaginar movimentos. Sakurada *et al.* (2015) discutem que uma ótima estratégia de atenção depende da capacidade individual de produzir imagens mentais, cenestésicas ou visuais. Indivíduos com dominância de cenestésica mostram melhor desempenho sob foco interno, e aqueles com dominância visual mostraram melhor desempenho sob

foco externo (SAKURADA *et al.*, 2015). O estudo de Sakurada *et al.* (2017) apresentou melhores resultados de precisão do movimento sob a condição de foco interno em pacientes com dominância cenestésica do que em pacientes com dominância visual. Tais preferências podem ter influenciado os resultados deste estudo, e devem ser investigadas no futuro.

#### 4.2 Efeito do foco de atenção na formação de sinergias motoras pelo UCM

O estudo teve como principal objetivo investigar o efeito do foco de atenção na força das sinergias motoras. A ferramenta de análise utilizada foi o UCM. Esta ferramenta fornece uma base para compreender como os graus de liberdade redundantes se organizam para estabilizar possíveis variáveis de controle (SCHOLZ e SCHONER, 1999). Os abundantes graus de liberdade do corpo permitem diferentes combinações que produzem o mesmo resultado (LATASH *et al.*, 2002; REISMAN e SCHOLZ, 2003). No decorrer das repetições da tarefa, o corpo utiliza dessa variedade de combinações de movimentos segmentares que garantem o desempenho estável da tarefa (LATASH, 2008). O conceito do UCM ajuda a diferenciar as variáveis mais controladas das menos controladas para a tarefa (SCHOLZ e SCHONER, 1999).

Neste estudo, as medidas do UCM descreveram com sucesso a presença de sinergias para estabilizar todas as variáveis de controle escolhidas na tarefa em questão. Os resultados para as quatro variáveis de controle fornecem uma indicação da importância dessas variáveis para a tarefa. Passar de sentado para de pé representa um desafio de coordenação, em razão da rápida transferência de uma ampla base de apoio para uma posição de estabilidade reduzida sob os pés (WULF e PRINZ, 2001). O desafio da tarefa foi ampliado devido ao controle manual de um objeto com membro superior não dominante e ao banco baixo. Os resultados indicaram que as combinações das variáveis elementares - ângulos articulares neste experimento - estabilizaram o ângulo da caneca, da mão e a posição da mão e da caneca no espaço. A

comparação dos resultados em diferentes condições experimentais -foco interno e foco externo- foi feita para investigar se o foco de atenção está relacionado com a formação de sinergias motoras.

O efeito estabilizador para as quatro variáveis de controle foi independente da instrução de foco de atenção. Estes resultados são contrários à hipótese do estudo. Era esperado que o foco externo levasse a um melhor desempenho da tarefa e subsequentemente formação de sinergias mais fortes quando comparado ao foco interno. Porém, no presente estudo, o efeito do foco de atenção apareceu apenas em uma variável e o foco interno apresentou melhores resultados de desempenho. Mesmo com a diferença de desempenho nas condições experimentais, não houve diferença no índice de sinergia. Assim o presente estudo indica que o foco de atenção pode ter efeitos no desempenho sem afetar diretamente a força de sinergias.

Estudos anteriores indicam ausência de relação direta entre desempenho e força de sinergia (DOMKIN *et al.*, 2002, REISMAN e SCHOLZ, 2003, DOMKIN *et al.*, 2005, WU *et al.*, 2013, FALAKI *et al.*, 2016). Domkin *et al.* (2002) estudaram a aprendizagem de uma tarefa rápida segurando um ponteiro. Após três dias de prática, os indivíduos mostraram maior precisão e menor tempo de movimento -melhora do desempenho- e as sinergias tornaram-se mais fracas. Reisman e Scholz (2003) estudaram uma tarefa de alcance em dois grupos. Um de pacientes com diagnóstico de acidente vascular cerebral (AVC) e outro com pessoas saudáveis (REISMAN e SCHOLZ, 2003). Os grupos apresentaram desempenhos diferentes (velocidades de movimentos e variação da trajetória da mão) e índices de sinergias semelhantes. Domkin *et al.* (2005), usaram a tarefa de apontar com dois braços em uma população de jovens saudáveis do sexo feminino. Com a prática o desempenho melhorou (indivíduos se tornaram mais precisos) e o índice de sinergias se manteve. Wu *et al.* (2013), em uma tarefa de força máxima de prensão, compararam os índices de sinergias e as medidas de desempenho em dois grupos -jovens e idosos- após um tempo de treino e em uma tarefa de transferência. O desempenho na tarefa de transferência melhorou, enquanto o índice de sinergia para esta tarefa se manteve (WU *et al.*, 2013). Falaki *et al.* (2016) analisaram os índices de sinergia em pacientes

com diagnóstico de Parkinson (sem sintomas clínicos de instabilidade) e comparam com adultos saudáveis. Os resultados do estudo mostraram desempenho similar (medido pelo deslocamento do centro de pressão) em ambos os grupos e diferença nos índices de sinergias (FALAKI *et al.*, 2016). Neste sentido, o presente estudo investigou independentemente os efeitos do foco tanto no desempenho quanto na organização de sinergias, com resultados que corroboram com trabalhos anteriores.

A força de uma sinergia é determinada pela razão  $V_{ucm} / V_{ort}$ . As combinações das VE existentes na  $V_{ort}$  levam a alterações no desempenho (LATASH *et al.*, 2007). Ao contrário, as combinações das VE existentes na  $V_{ucm}$  não interferem no desempenho da tarefa (LATASH *et al.*, 2007). Assim, alterações na  $V_{ucm}$  - aumento ou diminuição - sem alterações na  $V_{ort}$ , podem causar impacto no índice de sinergia sem necessariamente alterar o desempenho do indivíduo.

Independente do desempenho do indivíduo, esperava-se encontrar sinergias mais fortes quando o indivíduo estivesse sob instrução do foco de atenção externo. Segundo Lohse e Sherwood (2012) quando o indivíduo adota o foco externo, os movimentos são coordenados para reduzir a variabilidade nas dimensões do objetivo final da tarefa – neste caso em particular, a caneca. Além disso, o foco externo enriquece a variabilidade dos movimentos segmentares. Assim, a variabilidade compensatória pode ser explorada de forma mais eficaz por todo o movimento a fim de garantir o desempenho adequado dos indivíduos (HOSSNER e EHRENSPIEL, 2010). Esperava-se que este resultado viesse a tona através do aumento da  $V_{ucm}$ , resultando em formação de sinergias mais fortes. O presente estudo não revelou o resultado esperado talvez por limitações do método UCM para a tarefa em particular.

A ferramenta UCM analisa a formação de sinergias para estabilizar variáveis de controle hipotéticas. A variabilidade pode ser mensurada ao longo do tempo de movimento ou entre tentativas do movimento. O método UCM é baseado na análise de variabilidade entre tentativas. Assim, a referência para a variável de controle é obtida através da média entre repetições e considera-se a variação das posições articulares ao redor da suas médias entre repetições.

Além disso, assume-se que o corpo se organiza para repetir, entre tentativas, estados posturais a cada momento do movimento. Os resultados não revelaram diferença no índice de sinergia calculado com base na variância entre repetições para estabilizar as diferentes variáveis de controle. É possível que o efeito do foco de atenção esteja relacionado mudanças de coordenação ao longo do tempo.

## 5 CONCLUSÃO

Os efeitos esperados do foco de atenção não foram reproduzidos neste experimento. Ou seja, os indivíduos não apresentaram melhor desempenho sob foco de atenção externo quando comparado ao interno em três variáveis utilizadas para mensurar o desempenho – variabilidade do ângulo da caneca, variabilidade da posição da mão e da caneca. Sugere-se que a tarefa não foi desafiante o suficiente para trazer a tona os benefícios do foco de atenção externo, visto que na literatura existem indícios de que as instruções de foco externo são especialmente benéficas quando a tarefa for difícil o suficiente para o indivíduo (LANDERS *et al.*, 2005; WULF *et al.*, 2007). O efeito do foco de atenção apareceu quando a variável de desempenho foi a variabilidade do ângulo da mão. Em conflito com a maioria dos achados na literatura e com a hipótese preliminar do estudo, os indivíduos mostram melhor desempenho sob instrução do foco de atenção interno. Este efeito pode ter sido revelado devido a relação com a instrução específica – manter a mão estável. Alguns estudos mostram redução da variabilidade nas dimensões do movimento que estejam sobre controle atencional.

Neste estudo, as medidas do UCM descreveram com sucesso a presença de sinergias para estabilizar todas as variáveis de controle escolhidas na tarefa em questão. O efeito estabilizador para as quatro variáveis de controle foi independente da instrução de foco de atenção. Mesmo com a diferença de desempenho nas condições experimentais, não houve diferença no índice de sinergia. Esse resultado corrobora com outros autores que mostram ausência de relação direta entre desempenho e força de sinergias.

O presente estudo não revelou o resultado esperado do efeito do foco de atenção na formação de sinergias motoras. O efeito do foco de atenção na coordenação talvez seja revelado por medidas de variabilidade ao longo do tempo e não entre repetições.

Futuros estudos poderiam utilizar maior nível de dificuldade para investigar os efeitos do foco de atenção. Além disso, tarefas em que seja



possível mensurar a organização de variáveis elementares ao longo do tempo podem trazer diferentes resultados sobre a relação do foco de atenção com a formação de sinergias motoras. Assim, este estudo abre portas para futuras investigações a fim de aprofundar no entendimento do efeito do foco de atenção sobre a coordenação do movimento.

## REFERÊNCIAS

CAPOZZO, A.; CATANI, A.; DELLA CROCE, U.; LEARDINI, A. Position and orientation of bones during movement: anatomical frame definition and determination. **Clinical Biomechanics**, v.10, n.4, p.171-178, 1995.

DALL, P. M.; KERR, A. Frequency of the sit to stand task: An observational study of free-living adults. **Appl Ergon**, v.41, p.58–61, 2010.

DOMKIN, D.; LACZKO, J.; DJUPSJOBACKA, M.; JARIC, S.; LATASH, M. Joint angle variability in 3D bimanual pointing: uncontrolled manifold analysis. **Experimental Brain Research**, v.163, n.1, p.44–57, 2005.

\_\_\_\_\_; LACZKO, J.; JARIC, S.; LATASH, M. Structure of joint variability in bimanual pointing tasks. **Experimental Brain Research**, v.143, n.1, p.11–23, 2002.

FALAKI, A.; HUANG, X.; LEWIS, M. M.; LATASH, M. Impaired synergic control of posture in Parkinson's patients without postural instability. **Gait Posture**, v.44, p.209-215, 2016.

FITTS, P. M., e POSNER, M.I. Human performance. **Oxford, England**, 1967

GREVE, C.; ZIJLSTRA, W.; HORTOBA´GYI, T.; BONGERS R. M. Not All Is Lost: Old Adults Retain Flexibility in Motor Behaviour during Sit-to-Stand. **PLoS ONE**; v.8, n.10, p.e77760, 2013.

HOSSNER, E. J.; EHRENSPIEL, F. Time-referenced effects of an internal vs. external focus of attention on muscular activity and compensatory variability. **Frontiers in Psychology**, v.1, n.230, doi: 10.3389/fpsyg.2010.00230, 2010.

HSU, W. L.; SCHOLZ J. P. Motor abundance supports multitasking while standing. **Hum Mov Sci**, v.31, n.4, p.844–862, 2012.

JANSSEN, W. G.; BUSSMANN, H. B.; STAM, H. J. Determinants of the Sit-to-Stand Movement: A Review. **Physther**, v.82, n.9, p.866-879, 2002.

KAL, E. C.; VAN DER KAMP, J.; HOUDIJK, H.; GROET, E.; VAN BENNEKOM, C. A. M.; SCHERDER, E. J. A. Stay Focused! The Effects of Internal and External Focus of Attention on Movement Automaticity in Patients with Stroke. **PLoS ONE**, v.10, n.8, p.e0136917, 2015.

\_\_\_\_\_; VAN DER KAMP, J.; HOUDIJK, H. External attentional focus enhances movement automatization: a comprehensive test of the constrained action hypothesis. **Human Movement Science**, v.32, n.4, p.527–539, 2013.

LANDERS, M. R.; WULF, G.; WALLMANN, H.; GUADAGNOLI, M. An external focus of attention attenuates balance impairment in patients with Parkinson's disease who have a fall history. **Physiotherapy**, v.91, n.3, p.152–158, 2005.

\_\_\_\_\_; HATLEVIG, R. M.; DAVIS, A. D.; RICHARDS, A. R.; ROSENLOF, L. E. Does attentional focus during balance training in people with Parkinson's disease affect outcome? A randomised controlled clinical trial. **Clinical Rehabilitation**, v.30, n.1, p.53–63, 2006.

LATASH, M. L.; SCHOLZ, J. F.; DANION, F.; SCHONER, G. Structure of motor variability in marginally redundant multi-finger force production tasks. **Experimental Brain Research**, v.141, p.153-165, 2001.

\_\_\_\_\_; SCHOLZ, J. P.; SCHONER, G. Motor control strategies revealed in the structure of motor variability. **Exerc. Sport Sci. Rev**, v.30, n.1, p.26–31, 2002.

\_\_\_\_\_; SCHOLZ, J. P.; SCHONER, G. Toward a New Theory of Motor Synergies. **Motor Control**, v.11, n.3, p. 276-308, 2007.

\_\_\_\_\_. Synergy. **Oxford University Press**. 2008.

LOHSE, K. R.; DAVID, S. D. Thinking about muscles: The neuromuscular effects of attentional focus on accuracy and fatigue. **Acta Psychologica**, v.140, n.3, p.236–245, 2012.

\_\_\_\_\_; SHERWOOD, D. E.; HEALY, A. F. How changing the focus of attention affects performance, kinematics, and electromyography in dart throwing. **Human Movement Science**, v.29. n.4, p.542–555, 2010.

MCNEVIN, N.; WEIR, P.; QUINN, T. Effects of attentional focus and age on suprapostural task performance and postural control. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, v.84, n.1, p.96-103, 2013.

OLIVERIA, F.A. F.; PACHECO, M. M.; DREWS, R. Efeitos de diferentes focos de atenção na performance motora de uma tarefa de agilidade em crianças. **Motricidade**, v.11, n.1, 2015.

PORTER, J. M.; NOLAN, R. P.; OSTROWSKI, E. J.; WULF, G. Directing attention externally enhances agility performance: a qualitative and quantitative analysis of the efficacy of using verbal instructions to focus attention. **Frontiers in Psychology | Movement Science and Sport Psychology**, v.1, n.216, 2010. doi: 10.3389/fpsyg.

QUERFURTH, S.; SCHUCKER, L.; DE LUSSANET, M. H. E.; ZENTGRAF, K. An Internal Focus Leads to Longer Quiet Eye Durations in Novice Dart **Players**. **Front. Psychol**, v.7, n.633, p.1-11, 2016.

RAMALHO; NICOLAU; TEODORO. **Os Fundamentos da Física**. 8. ed. Editora moderna.

REISMAN, D.; SCHOLZ, J. P. Aspects of joint coordination are preserved during pointing in persons with post-stroke hemiparesis. **Brain**, v.126, n.11, p.2510–2527, 2003.

RIENHOFF, R.; FISCHER, L.; STRAUSS, B.; BAKER, J.; SCHORER, J. Focus of attention influences quiet-eye behavior: An exploratory investigation of different skill levels in female basketball players. **Sport Exercise e Performance Psychology**, v.4, n.1, p.62-74, 2015.

SAKURADA, T.; HIRAI, M.; WATANABE, E. Optimization of a motor learning attention-directing strategy based on an individual's motor imagery ability. **Exp Brain Res**, v.234, n.1, p.301–311, 2015.

\_\_\_\_\_; NAKAJIMA, T.; MORITA, M.; HIRAI, M.; WATANABE, E. Improved motor performance in patients with acute stroke using the optimal individual attentional strategy. **Scientific Reports**, V.7, 2017.

SCHOLZ, J. P.; BRANDT, C. Trajectory stability and the development of control for standing up from sitting. **Motor Control**, v.1, n.4, p.314–339, 1997.

\_\_\_\_\_; KANG, N.; PATTERSON, D.; LATASH, M. L. Uncontrolled manifold analysis of single trials during multi-finger force production by persons with and without Down syndrome. **Experimental Brain Research**, v.153, n.1, p.45-58, 2003.

\_\_\_\_\_; REISMAN, D.; SCHONER, G. Effects of varying task constraints on solutions to joint coordination in a sit-to-stand task. **Exp Brain Res**. v.141, n.4, p. 485–500, 2001.

\_\_\_\_\_; SCHONER, G.; LATASH, M. Identifying the control structure of multijoint coordination during pistol shooting. **Experimental Brain Research**, v.135, p.382-404, 2000.

\_\_\_\_\_; SCHONER, G. The uncontrolled manifold concept: Identifying control variables for a functional task. **Experimental Brain Research**, v.126, n.3 p.289-306, 1999.

TOTSIKA, V.; WULF, G. The influence of external and internal foci of attention on transfer to novel situations and skills. **Research Quarterly Exercise and Sport**, v.74, n.2, p.220-225, 2003.

WORMS, J. L. A. M.; STINS, J. F.; VAN WEGEN, E. E.; IAN, D.; LORAM, I. D. e BEEK, P. J. Influence of focus of attention, reinvestment and fall history on elderly gait stability. **Physiological reports**, v.5, n.1, p.e13061, 2017.

WULF, G. Attentional. Focus Effects in Balance Acrobats. **American Alliance for Health, Physical Education, Recreation and Dance**, v.79, n.3, p.319–325, 2008.

\_\_\_\_\_; LANDERS, M.; LEWTHWAITE, R.; TOLLNER, T. External Focus Instructions Reduce Postural Instability in Individuals With Parkinson Disease. **Journal American Physical Therapy Association**, v.89, n.2, p.162-168, 2016.

\_\_\_\_\_; MERCER, J.; MCNEVIN, N. H.; GUADAGNOLI, M. A. Reciprocal influences of attentional focus on postural and supra-postural task performance. **Journal of Motor Behavior**, v.36, n.2, p.189–199, 2004.

\_\_\_\_\_; PRINZ, W. Directing attention to movement effects enhances learning: A review. **Psychonomic Bulletin & Review**, v.8, n.4, p.648–660. 2001.

\_\_\_\_\_; TOLLNER, T.; SHEA, C. H. Attentional focus effects as a function of task difficulty. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, v.78, n.3, p. 257-264, 2007.

\_\_\_\_\_; WEIGELT, M.; POUTER, D. R.; MCNEVIN, N. H. Attentional focus on suprapostural tasks affects balance learning. **Quarterly Journal of Experimental Psychology**, v.56, n.7, p. 1191-1211, 2003.

ZARCHRY, T.; WULF, G.; MERCER, J.; BEZODIS, N. Increased movement accuracy and reduced EMG activity as the result of adopting an external focus of attention. **Brain Res Bull**; v. 67, n. 4, p. 304-309, 2005.

ZARGHAMI, M.; SAEMI, E.; FATHI, I. External focus of attention enhances discus throwing performance. **Kinesiology**, v.44, n.1, p.47-52, 2012.

ZENTGRAF, K.; MUNZERT, J. Effects of attentional-focus instructions on movement kinematics. **Psychology of Sport and Exercise**, v. 10, n. 5, p. 520-525, 2009.

## APÊNDICE 1

### **TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**

**Projeto de pesquisa: Formação de sinergias durante o aprendizado motor**

Você está sendo convidado a participar de um projeto de pesquisa que visa contribuir para um melhor entendimento do processo de aprendizagem motora e para a posterior aplicação desse conhecimento no desenvolvimento de intervenções de reabilitação mais eficazes. Sua participação é inteiramente voluntária. Caso aceite participar, você poderá interromper sua participação a qualquer momento que desejar.

O objetivo da pesquisa será analisar a evolução do desempenho e das características dinâmicas da organização do movimento durante o processo de aprendizagem de uma tarefa de equilíbrio

*Antes de autorizar sua participação neste Projeto de Pesquisa é necessário que você leia atentamente e compreenda as explicações sobre os procedimentos, a estimativa do tempo de sua permanência no estudo, seus direitos, assim como os benefícios, riscos e desconfortos da pesquisa.*

Caso você aceite participar, irá submeter-se aos seguintes procedimentos:

1. Coleta dos seus dados demográficos (dados pessoais, idade, peso e altura) e responderá perguntas sobre possível histórico de lesões e/ou patologias neuromusculares e musculoesqueléticas.

2. Após a entrevista, você receberá instruções sobre uma tarefa de passar de sentado para de pé enquanto segura uma caneca com água com sua mão dominante. Você deverá executar a tarefa da maneira que o faria normalmente, no dia-a-dia. Serão feitas 45 repetições do movimento de levantar de sentado para de pé.

**Riscos e desconfortos:** Há risco de cansaço durante a realização da tarefa. No entanto, você poderá descansar sempre que desejar

**Privacidade:** Para assegurar anonimato e confidencialidade das informações obtidas, você receberá um número de identificação ao entrar no estudo e seu nome nunca será revelado em nenhuma situação. Qualquer dúvida ou questionamento será atendido pelos responsáveis da pesquisa. Se desejar, você será informado (a) sobre os resultados e andamento da pesquisa, mesmo que isso implique na retirada do seu consentimento. Quando os resultados desta pesquisa forem divulgados em qualquer evento ou revista científica, seus dados não serão identificados, pois serão apresentados sob forma de estatísticas.

**Benefícios:** Apesar de esse estudo não envolver benefício individual direto para os participantes, os resultados contribuirão para um maior entendimento do processo de organização da coordenação motora durante a aprendizagem. As informações obtidas poderão ser usadas para elaboração de intervenções de reabilitação mais eficazes.

**Recusa ou abandono:** Sua participação neste estudo é inteiramente voluntária, e você é livre para se recusar a participar ou



abandonar o estudo a qualquer momento, sem qualquer prejuízo. Você não terá nenhum gasto financeiro nem lhe será paga nenhuma remuneração.

### **Para obter informações adicionais**

Você receberá uma cópia deste termo onde consta o telefone e o endereço do pesquisador principal, podendo tirar suas dúvidas sobre o projeto e sua participação, agora ou a qualquer momento. Caso você venha a sofrer uma reação adversa ou danos relacionados ao estudo, ou tenha mais perguntas sobre o estudo, por favor, ligue para Dra. Daniela Virgínia Vaz, no telefone (31) 3409-4790 ou Fisioterapeuta Renan Alves Resende no telefone (31) 92073391.

Se você tiver perguntas com relação a seus direitos como participante deste estudo clínico, você também poderá contatar o Comitê de Ética em Pesquisa (COEP) no endereço Av. Pres. Antônio Carlos, 6627, Unidade Administrativa II, 2o. andar, Sala 2005 - Belo Horizonte - MG - Telefax: 3409-4592 - e-mail: coep@prpq.ufmg.br

**Pesquisadores:** Profa. Daniela Virgínia Vaz (Responsável)

Instituição: Universidade Federal de Minas Gerais

Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional

Departamento de Fisioterapia

**Endereço :** Av. Antônio Carlos, 6627

Cep: 31270-901 • Belo Horizonte - MG

Telefax: (31) 3409-4781

Depois de ter lido as informações acima, se for de sua vontade participar deste estudo, por favor, preencha o consentimento abaixo. No final deste documento

### **Consentimento**

Declaro que li e entendi a informação contida acima, sendo que minhas dúvidas foram satisfatoriamente respondidas. Este formulário esta sendo assinado voluntariamente por mim, indicando meu consentimento em participar do estudo.

Belo Horizonte \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2016

---

Participante

---

Pesquisador

**APÊNDICE 2**

*Formulário de informações de participantes.*

Código do participante: \_\_\_\_\_

Sua idade: \_\_\_\_\_

Sexo: ( ) Feminino ( ) Masculino

Mão dominante: ( ) Mão direita ( ) Mão esquerda

Nos últimos seis meses, você teve alguma das seguintes condições de saúde?

Doença neurológica que afeta o movimento ( )  
sim ( ) não

Dor na perna ou no braço ( ) sim ( ) não

Deficiências ósseas ou musculares

que afetam o movimento ( ) sim ( ) não

Medo de cair ( ) sim ( ) não

Alguma queda ( ) sim ( ) não

Quão bem você foi capaz de seguir instruções nas últimas 10 repetições?

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Insuficiente					Excelente				

Quão bem você foi capaz de seguir instruções nas últimas 10 repetições?

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

Insuficiente

Excelente

Quão bem você foi capaz de seguir instruções nas últimas 10 repetições?

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

Insuficiente

Excelente

Quão bem você foi capaz de seguir instruções nas últimas 10 repetições?

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

Insuficiente

Excelente

### APÊNDICE 3

Nós estamos interessados em entender uma melhor forma de ajudar pacientes de reabilitação. Um aspecto importante da terapia está relacionada com as instruções dadas aos pacientes, em particular no que diz respeito ao que eles devem prestar atenção quando realizam um movimento. Nas próximas repetições da tarefa sentado para de pé, você será solicitado a se concentrar em um aspecto particular do movimento. Por favor, tente o melhor que pode para dirigir o seu foco mental, de acordo com as instruções que você receber.

## APÊNDICE 4

Lembre-se que estamos interessados em entender qual a melhor forma de ajudar pacientes de reabilitação em relação a onde devem dirigir sua atenção durante os seus movimentos. Agora você vai receber instruções diferentes de atenção. Por favor, tente o melhor que pode para dirigir o seu foco mental, de acordo com as instruções que você receber.

## APÊNDICE 5

A- Modelo geométrico para a posição da mão no espaço.

$$\begin{aligned}
 & Y_{m\grave{a}o\_posi\c{c}\tilde{a}o} \\
 & l_1 \times \cos(\theta_1) + \dots \\
 & l_2 \times \cos(\theta_1 + \theta_2) + \dots \\
 & l_3 \times \cos(\theta_1 + \theta_2 + \theta_3) + \dots \\
 & l_4 \times \cos(\theta_1 + \theta_2 + \theta_3 + \theta_4) + \dots \\
 & l_5 \times \cos(\theta_1 + \theta_2 + \theta_3 + \theta_4 + \theta_5) + \dots \\
 & l_6 \times \cos(\theta_1 + \theta_2 + \theta_3 + \theta_4 + \theta_5 + \theta_6) + \dots \\
 & l_7 \times \cos(\theta_1 + \theta_2 + \theta_3 + \theta_4 + \theta_5 + \theta_6 + \theta_7) + \dots \\
 & l_8 \times \cos(\theta_1 + \theta_2 + \theta_3 + \theta_4 + \theta_5 + \theta_6 + \theta_7 + \theta_8) + \dots \\
 & l_9 \times \cos(\theta_1 + \theta_2 + \theta_3 + \theta_4 + \theta_5 + \theta_6 + \theta_7 + \theta_8 + \theta_9).
 \end{aligned}$$

em que  $l_1$  é o comprimento do segmento da perna,  $l_2$  é o comprimento do segmento da coxa,  $l_3$  é o comprimento do segmento do segmento da pelve (trocanter até  $L_5$ ),  $l_4$  é o comprimento do segmento do tronco inferior ( $L_5$  até  $T_{12}$ ),  $l_5$  é o comprimento do segmento do tronco superior ( $T_{12}$  até  $C_7$ ),  $l_6$  é o comprimento do segmento da clavícula ( $C_7$  até ombro),  $l_7$  é o comprimento do segmento do braço,  $l_8$  é o comprimento do segmento do antebraço e  $l_9$  é o comprimento do segmento da mão.  $\theta_1$  movimento angular do tornozelo,  $\theta_2$  movimento angular do joelho,  $\theta_3$  movimento angular do quadril,  $\theta_4$  movimento angular da lombar,  $\theta_5$  movimento angular torácica,  $\theta_6$  movimento angular esternoclavicular,  $\theta_7$  movimento angular do ombro,  $\theta_8$  movimento angular do cotovelo e  $\theta_9$  movimento angular do punho.

$$Z_{m\tilde{a}o\_posi\tilde{c}\tilde{a}o}$$

$$l_1 \times \text{sen}(\theta_1) + \dots$$

$$l_2 \times \text{sen}(\theta_1 + \theta_2) + \dots$$

$$l_3 \times \text{sen}(\theta_1 + \theta_2 + \theta_3) + \dots$$

$$l_4 \times \text{sen}(\theta_1 + \theta_2 + \theta_3 + \theta_4) + \dots$$

$$l_5 \times \text{sen}(\theta_1 + \theta_2 + \theta_3 + \theta_4 + \theta_5) + \dots$$

$$l_6 \times \text{sen}(\theta_1 + \theta_2 + \theta_3 + \theta_4 + \theta_5 + \theta_6) + \dots$$

$$l_7 \times \text{sen}(\theta_1 + \theta_2 + \theta_3 + \theta_4 + \theta_5 + \theta_6 + \theta_7) + \dots$$

$$l_8 \times \text{sen}(\theta_1 + \theta_2 + \theta_3 + \theta_4 + \theta_5 + \theta_6 + \theta_7 + \theta_8) + \dots$$

$$l_9 \times \text{sen}(\theta_1 + \theta_2 + \theta_3 + \theta_4 + \theta_5 + \theta_6 + \theta_7 + \theta_8 + \theta_9).$$

em que  $l_1$  é o comprimento do segmento da perna,  $l_2$  é o comprimento do segmento da coxa,  $l_3$  é o comprimento do segmento da pelve (trocanter até L<sub>5</sub>),  $l_4$  é o comprimento do segmento do tronco inferior (L<sub>5</sub> até T<sub>12</sub>),  $l_5$  é o comprimento do segmento do tronco superior (T<sub>12</sub> até C<sub>7</sub>),  $l_6$  é o comprimento do segmento da clavícula (C<sub>7</sub> até ombro),  $l_7$  é o comprimento do segmento do braço,  $l_8$  é o comprimento do segmento do antebraço e  $l_9$  é o comprimento do segmento da mão.  $\theta_1$  movimento angular do tornozelo,  $\theta_2$  movimento angular do joelho,  $\theta_3$  movimento angular do quadril,  $\theta_4$  movimento angular da lombar,  $\theta_5$  movimento angular torácica,  $\theta_6$  movimento angular esternoclavicular,  $\theta_7$  movimento angular do ombro,  $\theta_8$  movimento angular do cotovelo e  $\theta_9$  movimento angular do punho.



B- Modelo geométrico para a posição da caneca no espaço.

$$\begin{aligned}
 & Y_{caneca\_posição} \\
 & l_1 \times \cos(\theta_1) + \dots \\
 & l_2 \times \cos(\theta_1 + \theta_2) + \dots \\
 & l_3 \times \cos(\theta_1 + \theta_2 + \theta_3) + \dots \\
 & l_4 \times \cos(\theta_1 + \theta_2 + \theta_3 + \theta_4) + \dots \\
 & l_5 \times \cos(\theta_1 + \theta_2 + \theta_3 + \theta_4 + \theta_5) + \dots \\
 & l_6 \times \cos(\theta_1 + \theta_2 + \theta_3 + \theta_4 + \theta_5 + \theta_6) + \dots \\
 & l_7 \times \cos(\theta_1 + \theta_2 + \theta_3 + \theta_4 + \theta_5 + \theta_6 + \theta_7) + \dots \\
 & l_8 \times \cos(\theta_1 + \theta_2 + \theta_3 + \theta_4 + \theta_5 + \theta_6 + \theta_7 + \theta_8) + \dots \\
 & l_9 \times \cos(\theta_1 + \theta_2 + \theta_3 + \theta_4 + \theta_5 + \theta_6 + \theta_7 + \theta_8 + \theta_9) + \dots \\
 & l_{10} \times \cos(\theta_1 + \theta_2 + \theta_3 + \theta_4 + \theta_5 + \theta_6 + \theta_7 + \theta_8 + \theta_9 + \theta_{10}).
 \end{aligned}$$

em que  $l_1$  é o comprimento do segmento da perna,  $l_2$  é o comprimento do segmento da coxa,  $l_3$  é o comprimento do segmento da pelve (trocanter até L<sub>5</sub>),  $l_4$  é o comprimento do segmento do tronco inferior (L<sub>5</sub> até T<sub>12</sub>),  $l_5$  é o comprimento do segmento do tronco superior (T<sub>12</sub> até C<sub>7</sub>),  $l_6$  é o comprimento do segmento da clavícula (C<sub>7</sub> até ombro),  $l_7$  é o comprimento do segmento do braço,  $l_8$  é o comprimento do segmento do antebraço,  $l_9$  é o comprimento do segmento da mão e  $l_{10}$  é o comprimento da caneca.  $\theta_1$  movimento angular do tornozelo,  $\theta_2$  movimento angular do joelho,  $\theta_3$  movimento angular do quadril,  $\theta_4$  movimento angular da lombar,  $\theta_5$  movimento angular torácica,  $\theta_6$  movimento angular esternoclavicular,  $\theta_7$  movimento angular do ombro,  $\theta_8$  movimento angular do cotovelo,  $\theta_9$  movimento angular do punho e  $\theta_{10}$  movimento angular mão-caneca.

$$Z_{caneca\_posição}$$

$$l_1 \times \text{sen}(\theta_1) + \dots$$

$$l_2 \times \text{sen}(\theta_1 + \theta_2) + \dots$$

$$l_3 \times \text{sen}(\theta_1 + \theta_2 + \theta_3) + \dots$$

$$l_4 \times \text{sen}(\theta_1 + \theta_2 + \theta_3 + \theta_4) + \dots$$

$$l_5 \times \text{sen}(\theta_1 + \theta_2 + \theta_3 + \theta_4 + \theta_5) + \dots$$

$$l_6 \times \text{sen}(\theta_1 + \theta_2 + \theta_3 + \theta_4 + \theta_5 + \theta_6) + \dots$$

$$l_7 \times \text{sen}(\theta_1 + \theta_2 + \theta_3 + \theta_4 + \theta_5 + \theta_6 + \theta_7) + \dots$$

$$l_8 \times \text{sen}(\theta_1 + \theta_2 + \theta_3 + \theta_4 + \theta_5 + \theta_6 + \theta_7 + \theta_8) + \dots$$

$$l_9 \times \text{sen}(\theta_1 + \theta_2 + \theta_3 + \theta_4 + \theta_5 + \theta_6 + \theta_7 + \theta_8 + \theta_9) + \dots$$

$$l_{10} \times \text{sen}(\theta_1 + \theta_2 + \theta_3 + \theta_4 + \theta_5 + \theta_6 + \theta_7 + \theta_8 + \theta_9 + \theta_{10}).$$

em que  $l_1$  é o comprimento do segmento da perna,  $l_2$  é o comprimento do segmento da coxa,  $l_3$  é o comprimento do segmento da pelve (trocanter até L<sub>5</sub>),  $l_4$  é o comprimento do segmento do tronco inferior (L<sub>5</sub> até T<sub>12</sub>),  $l_5$  é o comprimento do segmento do tronco superior (T<sub>12</sub> até C<sub>7</sub>),  $l_6$  é o comprimento do segmento da clavícula (C<sub>7</sub> até ombro),  $l_7$  é o comprimento do segmento do braço,  $l_8$  é o comprimento do segmento do antebraço,  $l_9$  é o comprimento do segmento da mão e  $l_{10}$  é o comprimento da caneca.  $\theta_1$  movimento angular do tornozelo,  $\theta_2$  movimento angular do joelho,  $\theta_3$  movimento angular do quadril,  $\theta_4$  movimento angular da lombar,  $\theta_5$  movimento angular torácica,  $\theta_6$  movimento angular esternoclavicular,  $\theta_7$  movimento angular do ombro,  $\theta_8$  movimento angular do cotovelo,  $\theta_9$  movimento angular do punho e  $\theta_{10}$  movimento angular mão-caneca.

C- Modelo geométrico para o ângulo da mão (em relação a horizontal).

$$M\tilde{a}o = \theta_1 + \theta_2 + \theta_3 + \theta_4 + \theta_5 + \theta_6 + \theta_7 + \theta_8 + \theta_9$$

em que  $\theta_1$  movimento angular do tornozelo,  $\theta_2$  movimento angular do joelho,  $\theta_3$  movimento angular do quadril,  $\theta_4$  movimento angular da lombar,  $\theta_5$  movimento angular torácica,  $\theta_6$  movimento angular esternoclavicular,  $\theta_7$  movimento angular do ombro,  $\theta_8$  movimento angular do cotovelo e  $\theta_9$  movimento angular do punho.

D- Modelo geométrico para o ângulo da caneca (em relação a horizontal).

$$\hat{\text{Ângulo caneca}} = \theta_1 + \theta_2 + \theta_3 + \theta_4 + \theta_5 + \theta_6 + \theta_7 + \theta_8 + \theta_9 + \theta_{10}$$

em que  $\theta_1$  movimento angular do tornozelo,  $\theta_2$  movimento angular do joelho,  $\theta_3$  movimento angular do quadril,  $\theta_4$  movimento angular da lombar,  $\theta_5$  movimento angular torácica,  $\theta_6$  movimento angular esternoclavicular,  $\theta_7$  movimento angular do ombro,  $\theta_8$  movimento angular do cotovelo,  $\theta_9$  movimento angular do punho e  $\theta_{10}$  movimento angular da mão em relação a caneca.