UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

FACULDADE DE CIÊNCIAS

DEPARTAMENTO DE EDUCAÇÃO FÍSICA

# EFEITO DE DIFERENTES DEMANDAS ATENCIONAIS SOBRE OS PROCESSOS ADAPTATIVOS DO SISTEMA DE CONTROLE POSTURAL E DO COMPORTAMENTO DO OLHAR DE ADULTOS JOVENS

Matheus Belizário Brito

Dissertação encaminhada à Faculdade de Ciências da Universidade Estadual Paulista 'Júlio de Mesquita Filho" – UNESP, como requisito para obtenção do título de Mestre em Ciências da Motricidade, Área de Biodinâmica do Movimento.

Bauru/SP – 2019

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

FACULDADE DE CIÊNCIAS

DEPARTAMENTO DE EDUCAÇÃO FÍSICA

# EFEITO DE DIFERENTES DEMANDAS ATENCIONAIS SOBRE OS PROCESSOS ADAPTATIVOS DO SISTEMA DE CONTROLE POSTURAL E DO COMPORTAMENTO DO OLHAR DE ADULTOS JOVENS

**Discente:** Matheus Belizário Brito

**Orientador (a):** Paula Fávaro Polastri Zago.

Bauru/SP – 2019

Brito, Matheus Belizário
Efeito de diferentes demandas atencionais sobre os processos adaptativos do sistema de controle postural e do comportamento do olhar de adultos jovens / Matheus Belizário Brito. -- Bauru, 2019
70 p.

- Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências, Bauru
Orientador: Paula Fávaro Polastri Zago

1. Educação Física. 2. Comportamento Motor. 3. Controle Motor. 4. Percepção - Ação. 5. Informação Visual. I. Título.

unesp

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

**Câmpus de Bauru**

Faculdade de Ciências

**ATA DA DEFESA PÚBLICA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE MATHEUS BELIZARIO BRITO, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA MOTRICIDADE, DA FACULDADE DE CIÊNCIAS - CÂMPUS DE BAURU.**

Aos 03 dias do mês de dezembro do ano de 2019, às 14:00 horas, no(a) Anfiteatro da Pós-graduação da Faculdade de Ciências, reuniu-se a Comissão Examinadora da Defesa Pública, composta pelos seguintes membros: Profa. Dra. PAULA FAVARO POLASTRI ZAGO - Orientador(a) do(a) Departamento de Educação Física / UNESP - Faculdade de Ciências de Bauru - SP, Profa. Dra. DANIELA GODOI JACOMASSI do(a) Departamento de Educação Física e Motricidade Humana / Universidade Federal de São Carlos, Prof. Dr. SERGIO TOSI RODRIGUES do(a) Departamento de Educação Física / Faculdade de Ciências de Bauru - SP, sob a presidência do primeiro, a fim de proceder a arguição pública da DISSERTAÇÃO DE MESTRADO de MATHEUS BELIZARIO BRITO, intitulada **EFEITO DE DIFERENTES DEMANDAS ATENCIONAIS SOBRE OS PROCESSOS ADAPTATIVOS DO SISTEMA DE CONTROLE POSTURAL E DO COMPORTAMENTO DO OLHAR DE ADULTOS JOVENS.**. Após a exposição, o discente foi arguido oralmente pelos membros da Comissão Examinadora, tendo recebido o conceito final: APROVADO. Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que após lida e aprovada, foi assinada pelos membros da Comissão Examinadora.

Profa. Dra. PAULA FAVARO POLASTRI ZAGO

Profa. Dra. DANIELA GODOI JACOMASSI

Prof. Dr. SERGIO TOSI RODRIGUES

# DEDICATÓRIA

Dedico essa dissertação de Mestrado aos meus queridos e amados pais, **Sueli e Paulo,** responsáveis pela pessoa que me tornei hoje**.**

# AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por sempre ouvir minhas orações e por depositar em mim, suas glórias e bênçãos.

Aos meus pais, Sueli e Paulo, obrigado pelos ensinamentos e sacrifícios realizados nessa caminhada. Especialmente, por acreditarem em mim, me tornando o ser humano que sou hoje (crítico e capaz de alcançar tudo que sempre sonhei).

Aos familiares o meu muito obrigado, em virtude de sempre se lembrarem de mim, mesmo não estando muito presente em suas vidas.

Aos amigos que permanecerem em minha vida, agradeço imensamente, até hoje me pergunto como nossa amizade evolui e permaneceu. Vocês são exemplos para mim e não conseguiria sem a ajuda de vocês. Espero do fundo do coração que realizem todos os seus sonhos, vou estar sempre muito feliz em saber de suas conquistas.

A todos os integrantes do LIVIA (que passaram desde o meu primeiro ano até o presente momento), agradeço pelos seus ensinamentos e pela ajuda no dia a dia, que vocês continuem nessa caminhada e consigam todo o sucesso do mundo.

A minha orientadora Paula e os professores Fábio e Sérgio, muito obrigado por transmitirem todo seu conhecimento, pela ajuda nos momentos de dificuldade, pela compreensão e por acreditarem em mim. A vocês desejo paz, saúde e muitas alegrias, pois sei que profissionalmente já alcançaram seus objetivos.

As pessoas que conheci nesta Universidade agradeço por mostrarem o quão especial é ser um unespiano, mais ainda, por me mostrarem o peso que este nome carrega, me tornando um cidadão consciente de minhas responsabilidades e direitos.

A todos os envolvidos, o meu muito obrigado!

LISTA DE FIGURAS

**Figura 1.** Foto ilustrativa da situação experimental com um adulto jovem posicionado em pé sobre a plataforma de força e com o eye tracker posicionado na cabeça dentro da sala móvel durante uma tarefa visual de movimento sacádico horizontal imprevisível (GMSI).....28

**Figura 2.** Esquema da distribuição e disposição dos equipamentos na área de coleta.....31

**Figura 3.** Figura ilustrativa dos alvos das tarefas visuais durante uma sequência de movimentos dos olhos, sendo: A-) Alvo estacionário - Grupo Fixação (GFIX); B-) Alvo imprevisível - Grupo Movimento Sacádicos horizontais Imprevisíveis (GMSI) e, C-) Alvo imprevisível com tarefa de memória - Grupo Movimento Sacádicos horizontais Imprevisíveis com tarefa de Memória (GMSI-M).....32

**Figura 4.** Fluxograma com a ordem de realização das tentativas e as respectivas amplitudes e frequência de movimentação da sala móvel.....34

**Figura 5.** Área de projeção visualizada pelo indivíduo separada em 9 áreas de interesse (AOIs).....37

**Figura 6.** Média e desvios-padrão da amplitude Média do COP, nas direções ântero-posterior (AP) e médio lateral (ML) para os três grupos (GFIX, GMSI e GMSI-M) quando a sala permaneceu estacionária. + Efeito principal de grupo.....39

**Figura 7.** Média e desvios-padrão da amplitude Média do COP, nas direções ântero-posterior (AP) e médio lateral (ML) para os três grupos (GFIX, GMSI e GMSI-M) durante as condições de alteração da amplitude da sala (pré-mudança, mudança e pós-mudança). * Efeito principal de mudança de amplitude da sala.....40

**Figura 8.** Média e desvios-padrão da Entropia de Escalas Múltiplas, nas direções ântero-posterior (AP) e médio lateral (ML) para os três grupos (GFIX, GMSI e GMSI-M) quando a sala permaneceu estacionária.....41

**Figura 9.** Média e desvios-padrão da Entropia de Múltiplas Escalas, nas direções ântero-posterior (AP) e médio lateral (ML) para os três grupos (GFIX, GMSI e GMSI-M) durante as condições de alteração da amplitude da sala (pré-mudança, mudança e pós-mudança). * Efeito principal de mudança de amplitude da sala.....42

**Figura 10.** Exemplos da movimentação da sala e oscilação corporal de um adulto jovem do GFIX, na direção ântero-posterior (AP) durante as condições de alteração de amplitude da sala

(pré-mudança, mudança e pós-mudança). Nota: A linha azul corresponde ao movimento da sala (SMap) e linha vermelha a oscilação corporal (OCap).....43
**Figura 11.** Exemplos da movimentação da sala e oscilação corporal de um adulto jovem do GMSI, na direção ântero-posterior (AP) durante as condições de alteração de amplitude da sala (pré-mudança, mudança, pós-mudança). Nota: A linha azul corresponde ao movimento da sala (SMap) e linha vermelha a oscilação corporal (OCap).....43
**Figura 12.** Exemplos da movimentação da sala e oscilação corporal de um adulto jovem do GMSI-M, na direção ântero-posterior (AP) durante as condições de alteração de amplitude da sala (pré-mudança, mudança, pós-mudança). Nota: A linha azul corresponde ao movimento da sala (SMap) e linha vermelha a oscilação corporal (OCap).....44
**Figura 13.** Média e desvios-padrão do Ganho e da Fase para os três grupos (GFIX, GMSI e GMSI-M) durante as condições de alteração da amplitude da sala (pré-mudança, mudança e pós-mudança). * Efeito principal de mudança de amplitude da sala.....45
**Figura 14.** Média e desvios-padrão da Variabilidade de Posição e da Variabilidade de Velocidade para os três grupos (GFIX, GMSI e GMSI-M) durante as condições de alteração da amplitude da sala (pré-mudança, mudança e pós-mudança). * Efeito principal de mudança de amplitude da sala.....46
**Figura 15.** Média e desvios-padrão do Número de Fixações para os três grupos (GFIX, GMSI e GMSI-M) durante as condições de alteração da amplitude da sala (pré-mudança, mudança e pós-mudança). + Efeito principal de grupo.....48
**Figura 16.** Média e desvios-padrão da Duração Média das Fixações e da Variabilidade da Duração Média das Fixações para os três grupos (GFIX, GMSI e GMSI-M) durante as condições de alteração da amplitude da sala (pré-mudança, mudança e pós-mudança). + Efeito principal de grupo.....49
**Figura 17.** Média e desvios-padrão do Tempo de Reação para os grupos GMSI e GMSI-M durante as condições de alteração da amplitude da sala (pré-mudança, mudança e pós-mudança). * Efeito principal de mudança de amplitude da sala; + Efeito principal de grupo.....50

LISTA DE TABELAS

**Tabela 1**. Média e desvio padrão das medidas antropométricas e da acuidade visual de todos os grupos.....27

**Tabela 2.** Média do Número de Fixações realizados nas 9 áreas de interesse (AOIs) durante as condições de alteração da amplitude da sala (pré-mudança, mudança e pós-mudança) para todos os grupos (GFIX, GMSI e GMSI-M).....47

**Tabela 3.** Duração Média das Fixações realizadas nas 9 áreas de interesse (AOIs) durante as condições de alteração da amplitude da sala (pré-mudança, mudança e pós-mudança) para todos os grupos (GFIX, GMSI e GMSI-M).....47

**Tabela 4.** Desempenho de cada participante do GMSI-M em cada tentativa do estudo, sendo o A correspondente ao acerto e o E correspondente ao erro.....51

**SUMÁRIO**

RESUMO.....1
ABSTRACT.....3
1. INTRODUÇÃO.....5
2. REVISÃO DE LITERATURA.....6
2.1 O funcionamento do sistema de controle postural..... 6
2.2 Os processos adaptativos do sistema de controle postural ..... 11
2.3 A atenção e seus efeitos no sistema de controle postural ..... 15
2.4 Efeitos da tarefa visual concomitante com movimento dos olhos no sistema de controle postural de adultos jovens ..... 19
3. OBJETIVOS E HIPÓTESES GERAIS.....25
3.1 Objetivo Geral: ..... 25
3.2 Objetivos específicos:..... 25
3.3 Hipóteses ..... 25
4. MÉTODOS..... 26
4.1 Participantes: ..... 26
4.2 Procedimentos ..... 27
4.3 Equipamentos ..... 27
4.3.1 Sala Móvel…….28
4.3.2 Sistema Magnético de analise do movimento……...29
4.3.3 Plataforma de Força……...29
4.3.4 Eye tracker - Aquisição do movimento dos olhos…….29
4.3.5 Outros equipamentos…….30
4.4 Condições experimentais: Tarefas visuais e movimento da sala..... 31
5. TRATAMENTO DOS DADOS.....35
5.1 Deslocamento do COP ..... 35
5.2 Acoplamento do Sistema de Controle Postural ..... 36
5.3 Comportamento do olhar..... 37
6. ANÁLISE ESTATÍSTICA.....38
7. RESULTADOS.....39
7.1 Deslocamento do COP ..... 39

7.1.1 Amplitude Média do COP…….39
7.1.2 Entropia de Múltiplas Escalas……...41
7.2 Acoplamento entre os movimentos da sala e oscilação corporal.....42
7.2.1 Ganho e Fase…….44
7.2.2 Variabilidade de Posição e Velocidade…….45
7.3 Comportamento do olhar……..46
7.3.1 Número de Fixações……..48
7.3.2 Duração Média das Fixações e Variabilidade da Duração Média das Fixações.……..49
7.3.3 Tempo de Reação Sacádico……...50
7.4 Desempenho na tarefa Concomitante ..... 50
8. DISCUSSÃO.....51
8.1 Deslocamento do COP ..... 52
8.2 Acoplamento entre o movimento da sala e a oscilação corporal..... 54
8.3 Comportamento do olhar ..... 57
9. CONCLUSÃO.....59
10. REFERÊNCIAS.....59

## RESUMO

O objetivo do estudo foi investigar o efeito das tarefas visuais com diferentes demandas atencionais nos processos adaptativos do sistema de controle postural e no comportamento do olhar de adultos jovens frente à mudança abrupta da amplitude da sala móvel. Participaram do estudo quarenta e cinco adultos jovens (20,53 ± 2,04 anos). Foram mensurados o peso e a estatura corporal de todos os participantes. Ainda, os participantes realizaram o teste de Snellen para garantir acuidade visual normal entre todos os participantes. Em sequência, os participantes foram posicionados em pé sob uma plataforma de força (AMTI) dentro de uma "sala móvel", utilizando o equipamento de rastreamento do olhar (ASL - H6) para calibração dos equipamentos. Os participantes foram divididos aleatoriamente em três grupos: 1-) Grupo Fixação (GFIX): no qual o participante permaneceu fixando o olhar em um alvo na parede frontal da sala; 2-) Grupo Movimentos Sacádicos Horizontais Imprevisíveis (GMSI): no qual os participantes realizaram movimentos sacádicos ora a direita e ora a esquerda a partir do centro da tela, envolvendo a incerteza de localização do alvo e 3-) Grupo Movimentos Sacádicos Horizontais Imprevisíveis com tarefa de Memória (GMSI-M), no qual os participantes realizaram a tarefa visual similar a do GMSI concomitante a uma tarefa de memorização de um número pré-determinado. Ao final de cada tentativa, o participante do GMSI-M deveria indicar quantas vezes este número apareceu. O alvo foi um círculo com 1,71 graus de diâmetro ou um "X", de cor branca ou preta para contrastar comas listras pretas e brancas presentes nas paredes da sala. As condições de movimentação da sala foram: na primeira tentativa, a sala permaneceu estacionária. Nas tentativas 2, 3 e 4 (pré-mudança), a sala foi movimentada em amplitude baixa (amplitude: 0.6cm; frequência: 0.2Hz). Na quinta tentativa (mudança), a sala foi movimentada em amplitude alta (amplitude: 3.5cm; frequência: 0.2Hz), fornecendo uma mudança abrupta no ambiente. Nas tentativas 6, 7 e 8 (pós-mudança) os parâmetros da sala foram os mesmos da pré-mudança. Cada tentativa teve duração de 75 segundos e a cada três tentativas foi oferecido um minuto de descanso para os participantes. ANOVAS com medidas repetidas foram realizadas, tendo como fator: os grupos (GFIX, GMSI e GMSI-M) e as condições de mudança da sala (pré-mudança, mudança e pós-mudança). As variáveis dependentes destas análises foram: Amplitude Média de oscilação e Entropia nos eixos ântero-posterior (AP) e médio lateral (ML), Número de fixação, Duração Média das Fixações, Variabilidade da Duração Média das Fixações e o Tempo de Reação Sácadico. Ainda, MANOVAS foram realizadas, tendo como fatores os grupos e as condições de mudança da sala, semelhante ao das ANOVAS. Para a primeira MANOVA, as variáveis dependentes foram: Ganho e Fase. Para a segunda MANOVA, foram a Variabilidade de Posição e Variabilidade de Velocidade. Os resultados indicaram uma diminuição da amplitude média na direção AP, para o GMSI-M comparado ao GFIX ($p=0,016$), quando a sala estava estacionária. Foi encontrado uma maior amplitude média na direção AP durante a condição de mudança, comparado à pré-mudança ($p=0,001$) e pós-mudança ($p=0,001$) e uma menor Entropia, no eixo AP, durante a condição de mudança, comparado a condição de pré-mudança ($p=0,002$) e pós-mudança ($p=0,001$) quando a sala foi movimentada. Para as variáveis do acoplamento entre sala móvel e oscilação corporal, os resultados mostraram uma diminuição do Ganho durante a condição de mudança ($p<0,0001$) comparada à pré-mudança e pós-mudança, ainda houve um maior ganho durante a condição de pré-mudança comparado à pós-mudança ($p=0,003$). Além disso, os resultados mostraram uma menor Variabilidade de Posição e Velocidade durante a condição de mudança comparado a condição de pré-mudança ($p<0,0001$) e pós-mudança ($p=0,001$). Os resultados do olhar mostraram um menor número de fixações ($p<0,0001$) com maior duração média ($p<0,0001$) e variabilidade da duração das fixações ($p<0,0001$) para o GFIX

comparado ao GMSI e GMSI-M. Ainda, as análises indicaram um maior tempo de reação sacádico para o GMSI-M comparado ao GMSI (p=0,016) e durante a condição de pós-mudança comparado a mudança (p=0,001). De modo geral, os resultados mostraram que os movimentos dos olhos não afetaram os processos adaptativos do sistema de controle postural de adultos jovens. Ademais, não foram encontradas diferenças entre os grupos para nenhuma das variáveis quando a sala foi movimentada, demonstrando que o sistema de controle postural apresenta processos adaptativos similares independentes do esforço adicional despendido na execução das tarefas concomitantes. Portanto, conclui-se que a adaptação do sistema de controle postural às alterações da sala móvel não é afetada pelos movimentos sacádicos dos olhos mesmo em situações de maior demanda atencional indicando que este mecanismo básico envolve baixo nível de atenção em adultos jovens.

## ABSTRACT

The aim of this study was to investigate the effect of visual tasks with different attentional demands on the adaptive processes of the postural control system and eyes behavior of young adults during the implicit knowledge of altered moving room amplitude. Forty-five young adults (20.53 ± 2.04 years) participated in the study. Weight and height of all participants were measure. In addition, participants performed the Snellen Test to ensure visual acuity between all participants. After, they were positioned on a force plate (AMTI) inside a "moving room" using the eye tracking (ASL - H6) for equipment calibration. Participants were randomly divided into three groups: 1-) Fixation Group (GFIX): participant remained fixed at a target on the front wall of the room; 2-) Unpredictable Horizontal Saccade Movements Group (GMSI): participants performed saccades movements to the right and to left from the center of the screen, involving the uncertainty of the target location and 3-) Unpredictable Horizontal Saccade Movements Group with Memory task (GMSI-M): participant performed the visual task similar of the GMSI concomitantly with a number memorization task of a predetermined number. At the end of each trial, participants of the GMSI-M should indicated how many times this number appeared. The target was a circle with 1.71 degrees in diameter or an "X", white or black because of the stripes on the walls of the room. The room movement conditions were: in first trial, the room remained stationary. In trials 2, 3 and 4 (pre-change), the room was moved at low amplitude (amplitude: 0.6cm; frequency: 0.2Hz). On the fifth trial (change), the room was moved at high amplitude (amplitude: 3.5cm; frequency: 0.2Hz), providing implicit information about the environment. In trials 6, 7, and 8 (post-change) room parameters were the same as pre-change. Each trial has duration of 75 seconds and every 3 trials one minute of rest was offered to the participants. Repeated measures ANOVAS were performed, having as a factor: the groups (GFIX, GMSI and GMSI-M) and the room change conditions (pre-change, change and post-change). The dependent variables of these analyzes were: Mean Sway Amplitude in Ântero-posterior (AP) and Mediolateral (ML) directions, Number of Fixations, Mean Fixation Duration, Variability of Mean Fixation Duration and the Saccades Reaction Time. Also, MANOVAS were performed. The factors, groups and room changing conditions are similar to ANOVAS. For the first MANOVA, the dependent variables were: Gain and Phase. For the second MANOVA, were the Variability of Position and Velocity. The results indicated a decrease in mean amplitude in the AP direction for GMSI-M compared to GFIX ($p=0.016$) when the room was stationary. A higher mean amplitude in the AP direction was found during the change condition compared to the pre-change ($p=0.001$) and post-change ($p = 0.001$) and a lower Entropy on the AP direction during the change condition compared the pre-change ($p=0.002$) and post-change ($p=0.001$) condition when the room was moved. For the coupling variables between moving room and body sway, the results showed a decrease in Gain during the change condition ($p<0.0001$) compared to the pre-change and post-change. Also, there was a greater gain during the pre-change compared to post-change ($p=0.003$). In addition, the results showed lower Position and Velocity Variability during the change condition compared to the pre-change ($p<0.0001$) and post-change ($p=0.001$) conditions. The results of the gaze showed a lower number of fixations ($p<0.0001$) with longer mean duration ($p <0.0001$) and Variability of fixation duration ($p<0.0001$) for GFIX compared to GMSI and GMSI-M. In addition, the analyzes indicated a longer time of acidic reaction for GMSI-M compared to GMSI ($p=0.016$) and during the post-change condition compared to change ($p=0.001$). Overall, the results showed that eye movements did not affect the adaptive processes of the young adults postural control system. Moreover, no differences were found between the groups for any of the variables when the room was moved, demonstrating that the postural

control presents similar adaptive processes independent of the additional effort expended in performing the concurrent tasks. Therefore, it is concluded that the adaptation of the postural control system to changes in the moving room is not affected by saccadic eye movements even in situations of higher attentional demand indicating that this basic mechanism involves low attention to attentional capacity in young adults.

## 1. INTRODUÇÃO

Para realizarmos as mais diversas ações motoras, o sistema de controle postural deve ser responsável por manter a posição do corpo estável no espaço frente a possíveis perturbações do ambiente (DUARTE; FREITAS, 2010; WOOLLACOTT; SHUMWAY-COOK, 2002). Embora este sistema apresente comportamentos preferenciais de funcionamento, denominado de dinâmica intrínseca (SCHONER; KELSO, 1988), no momento em que as demandas do ambiente/tarefa se alteram, o sistema de controle postural é capaz de detectar e selecionar, dentre os múltiplos estímulos, advindos de três grandes canais sensoriais (visual, vestibular e somatossensorial), a informação mais funcional e confiável para o controle eficiente da postura (DIJKSTRA; SCHÖNER; GIELEN, 1994; SCHONER; DIJKSTRA; JEKA, 1998).

De maneira geral, a influência dos estímulos visuais, sobre o funcionamento intrínseco deste sistema, vem sendo frequentemente investigada por meio do paradigma da "sala móvel" (BARELA et al., 2013, 2014; GENOVES et al., 2016; LEE; LISHMAN, 1975; POLASTRI et al., 2012). De modo geral, estes estudos têm demonstrado que o sistema de controle postural de adultos é suscetível a alterações e variações nas frequências e amplitudes do estímulo visual (BARELA et al., 2009, 2014; DIJKSTRA; SCHÖNER; GIELEN, 1994) o que torna este sistema capaz de se adaptar as alterações do ambiente e modificar seu comportamento usual para ajustar-se às informações comportamentais, resultando assim, no surgimento de outros comportamentos mais apropriados a demanda do ambiente e da tarefa (BARELA et al., 2011; FREITAS JÚNIOR; BARELA, 2004; JEKA; ALLISON; KIEMEL, 2010; JEKA; OIE; KIEMEL, 2008).

Além da manipulação dos parâmetros dos estímulos sensoriais, outros estudos têm utilizado o paradigma da tarefa concomitante durante a manutenção da postura (AGUIAR et al., 2014; DOUMAS et al., 2012; LEGRAND et al., 2012; RILEY et al., 2012), uma vez que, durante a posição ereta, sempre estamos dividindo os recursos atencionais com outras tarefas. Contudo, usualmente indivíduos têm dificuldade em manter sua atenção dividida em objetivos diferentes comprometendo a capacidade para utilização dos recursos atencionais (BROWN; SHUMWAY-COOK; WOOLLACOTT, 1999; SHUMWAY-COOK; WOOLLACOTT, 2000).

Alguns estudos têm se utilizado de tarefas de memória (HUXHOLD et al., 2006; MARCHESE; BOVE; ABBRUZZESE, 2003; SCHMID et al., 2007), que envolvem o processamento de informações verbais e visuais, como por exemplo, contagem de números, para

entender como o aumento da demanda atencional afeta o desempenho das tarefas motoras. Outros estudos têm se utilizado dos movimentos dos olhos (GLASAUER et al., 2005; RODRIGUES et al., 2013, 2015; STOFFREGEN et al., 2006) para examinar como esse tipo de tarefa concomitante, que está presente diariamente em nosso cotidiano, pode interferir na dinâmica intrínseca do sistema de controle postural.

Porém, a influência deste tipo de tarefa concomitante sobre a oscilação corporal têm sido observada prioritariamente quando o sistema de controle postural recebe informações verbais sobre as características/alterações do estímulo visual (AGUIAR et al., 2014; GENOVES et al., 2016) e obtém conhecimento explícito (consciente) sobre as mudanças no ambiente. Neste caso, a tarefa secundária afeta o funcionamento do sistema de controle postural (AGUIAR et al., 2014; GENOVES et al., 2016). Ainda existem, no entanto, questões relacionadas à quais recursos seriam utilizados pelo sistema quando a informação é percebida inconscientemente por meio de mudanças abruptas na amplitude do estímulo sensorial (conhecimento implícito). Especificamente a questão que surge é: haveria algum recurso atencional sendo compartilhado enquanto o indivíduo realiza a tarefa de movimento dos olhos ao mesmo tempo em que o sistema de controle postural precisa se adaptar ao aumento de amplitude do estímulo visual?

Portanto, o objetivo do presente estudo foi investigar o efeito das tarefas visuais com diferentes demandas atencionais sobre os processos adaptativos do sistema de controle postural e sobre os processos adaptativos do comportamento do olhar de adultos jovens frente ao conhecimento implícito da alteração abrupta nos parâmetros de amplitude da sala móvel. A seguir serão abordados as principais características de funcionamento do sistema de controle postural, seus processos adaptativos e como os recursos atencionais que envolvem tarefas concomitantes interferem nesta dinâmica.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 O funcionamento do sistema de controle postural

O sistema de controle postural desempenha um papel importante na realização das mais diversas ações motoras, sendo responsável pela manutenção da posição do corpo no espaço, a fim de manter o equilíbrio e a orientação postural frente a perturbações internas (advindas do próprio

corpo) ou externas (advindas da tarefa a ser realizada ou das alterações no ambiente) que acompanham os deslocamentos do indivíduo (DUARTE; FREITAS, 2010; WOOLLACOTT; SHUMWAY-COOK, 2002). Para manter a postura desejada, de maneira geral, é necessário que este sistema mantenha o centro de gravidade do corpo sobre os limites da base de suporte tanto em atividades estáticas quanto dinâmicas, apresentando a capacidade de prever, detectar e processar corretamente as informações sensoriais decorrentes de qualquer perturbação que possa interferir na postura (HORAK; MACPHERSON, 1996; HORAK; SHUPERT; MIRKA, 1989).

Três grandes sistemas sensoriais são responsáveis por fornecer informações ao sistema de controle postural que as utiliza para produzir ativações musculares apropriadas à tarefa desejada. São eles: o sistema visual, o sistema vestibular e o sistema somatossensorial (NASHNER, 1981). As informações advindas destes sistemas são captadas por receptores específicos e devem ser integradas de forma a fornecer informação precisa e relevante sobre a posição do corpo em relação a cada um dos segmentos corporais e do corpo em relação ao ambiente (HORAK; MACPHERSON, 1996).

O sistema visual é considerado o mais complexo (KLEINER; SCHLITTLER; SANCHEZ-ARIAS, 2011; MCCOLLUM; SHUPERT; NASHNER, 1996), em virtude de o seu funcionamento envolver várias estruturas e mecanismos para a obtenção da informação. Por meio da refração da luz proveniente da superfície de objetos, a mesma entra através da córnea, é projetada para a retina e transformada em sinais elétricos pelos fotorreceptores (cones e bastonetes), que enviam os sinais para centros superiores do sistema nervoso através do nervo óptico (ERICK KANDEL, 1991; KLEINER; SCHLITTLER; SANCHEZ-ARIAS, 2011). Basicamente, a projeção das imagens na retina fornece um quadro de referência sobre a direção e velocidade dos movimentos da cabeça e do corpo no ambiente, sendo que a postura é controlada com base na minimização dos deslocamentos dessas imagens na retina (ERICK KANDEL, 1991).

Já o sistema somatossensorial, possui receptores distribuídos por todo o corpo tais como: os mecanorreceptores, receptores articulares, receptores de pressão, receptores musculares, dentre outros, que respondem aos estímulos de toque, temperatura, posição do corpo e dor. As informações obtidas por meio destes receptores informam sobre a orientação dos segmentos corporais, a relação entre eles e a posição dos mesmos no espaço (HORAK; MACPHERSON, 1996).

Por último, os receptores do canal vestibular (canais semicirculares e os otólitos) são sensíveis a acelerações angulares e lineares da cabeça, sendo seus sinais elétricos, uma combinação de todas as acelerações (incluindo a gravidade). Estes receptores são estimulados por meio do movimento da cabeça em relação ao ambiente e fornecem ao sistema de controle postural um quadro de referência sobre as forças gravitacionais e inerciais que influenciam o deslocamento do corpo com alterações na posição da cabeça. (HORAK; MACPHERSON, 1996).

A maneira como o sistema nervoso integra as informações destas diferentes fontes sensoriais para gerar respostas posturais apropriadas às constantes alterações no ambiente, têm despertado interesse em vários pesquisadores (e.g. BARELA; POLASTRI; GODOI, 2000; JEKA; ALLISON; KIEMEL, 2010; KIEMEL; ZHANG; JEKA, 2011). Estudos têm mostrado que o sistema de controle postural altera seu funcionamento de maneira dinâmica para acoplar-se coerentemente às mudanças nas múltiplas fontes de informações sensoriais (visual, vestibular e somatossensorial) (POLASTRI et al., 2012).

No momento em que as informações se modificam, este sistema é capaz de identificar e selecionar, dentre os muitos estímulos sensoriais, aqueles que fornecem as informações mais funcionais e confiáveis sobre a orientação e posição do corpo no espaço possibilitando, assim, o controle eficiente da postura (BARELA et al., 2014). Dentre as fontes sensoriais, o sistema visual têm sido bastante investigado por exercer um importante papel no controle da postura em pé, visto que, em condições normais, a visão está o tempo todo disponível, fornecendo uma diversidade de informações sobre o ambiente (MORAES et al., 2016; MORAES; LOPES; BARELA, 2009; PAULUS; STRAUBE; BRANDT, 1984).

As informações advindas deste canal sensorial podem ser percebidas pelo sistema de controle postural como movimento do próprio corpo (auto-movimento) ou do movimento dos objetos no ambiente (movimento do objeto) (BARELA et al., 2009; SCHONER; DIJKSTRA; JEKA, 1998). A percepção de auto-movimento ocorre durante a detecção e interpretação de mudanças no fluxo óptico por meio da própria oscilação do corpo (PAULUS; STRAUBE; BRANDT, 1984), enquanto a percepção do movimento do objeto ocorre quando o objeto em primeiro plano é interpretado diferentemente do contexto em volta, ou seja, quando o movimento do ambiente ocorre ao invés de sua influência corporal (SCHONER; DIJKSTRA; JEKA, 1998). Ainda, este canal pode ser convenientemente manipulado, sem o conhecimento prévio do

indivíduo, o que contribui para um melhor entendimento do funcionamento do controle postural sem a atuação de processos intencionais.

Lee e colaboradores (LEE; LISHMAN, 1975; LEE; ARONSON, 1974), pioneiramente, criaram o paradigma da sala móvel ao manipularem as paredes de uma sala suspensa para investigar a influência da visão no sistema de controle postural de adultos jovens e crianças. Os indivíduos foram posicionados em pé, dentro de uma "sala móvel", cujas paredes, basicamente, se moviam para frente e para trás, através de movimentos discretos, realizados manualmente por um experimentador. Os movimentos dessa sala produziam deslocamentos das imagens na retina do observador (PAULUS; STRAUBE; BRANDT, 1984), que por sua vez, induziam a percepção de movimentos ilusórios do corpo na direção oposta aos movimentos das paredes da sala. Em resposta a manipulação da sala, os indivíduos apresentaram oscilações na mesma direção dos movimentos da sala a fim de manter a imagem estável na retina, o que indicaria ao observador, estabilidade postural.

Desde então, vários estudos utilizando o paradigma da sala móvel, têm demonstrado respostas posturais sobre a influência das informações visuais em adultos jovens (BARELA et al., 2009; POLASTRI et al., 2012), idosos (BARELA et al., 2013; FERRAZ; BARELA; PELEGRINNI, 2001; PRIOLI et al., 2006), crianças (GODOI; BARELA, 2008; PEROTTI JR et al., 2012; RINALDI; POLASTRI; BARELA, 2009) e, ainda, em indivíduos com alterações neurológicas (GOMES; MORAES; BARELA, 2016; POLASTRI; BARELA, 2005; RAZUK; BARELA, 2014).

Com técnicas de manipulação visual mais precisas do que as utilizadas por Lee e Lishman (LEE; LISHMAN, 1975; LEE; ARONSON, 1974), os resultados destes estudos mostraram que o sistema de controle postural consegue detectar e utilizar as informações sensoriais do ambiente, acoplando-se, de maneira coerente e estável, a parâmetros específicos do estímulo sensorial, tais como: parâmetros de velocidade (DIJKSTRA; SCHÖNER; GIELEN, 1994; JEKA et al., 1998) e posição (BARELA et al., 2000; GENOVES et al., 2017; POLASTRI; BARELA, 2013), sendo estes parâmetros determinantes para gerar alterações nos comportamentos preferenciais deste sistema, i.e. em sua dinâmica intrínseca. Em dois estudos clássicos, Dijkstra e colaboradores (DIJKSTRA et al., 1994; DIJKSTRA; SCHÖNER; GIELEN, 1994) submeteram adultos jovens a situação de uma sala móvel virtual, e alteraram os parâmetros de velocidade do estímulo visual. No primeiro estudo, os autores projetaram pontos virtuais em uma tela a frente dos participantes

que provocavam ilusão de movimento corporal para frente e para trás em diferentes distâncias (25, 50, 100 e 200 cm). Eles observaram que as oscilações corporais dos participantes foram induzidas pela sala móvel virtual proveniente dos pontos projetados na tela independente da distância. No entanto, o acoplamento entre as oscilações corporais e a sala foi reduzido com o aumento da distância.

No segundo estudo, Dijkstra e colaboradores (DIJKSTRA et al., 1994) submeteram adultos jovens a mesma situação experimental, mas manipularam a frequência e amplitude da sala (0,05; 0,1; 0,2. 0,3; 0,4 e 0,5 Hz e 10; 5; 2,5; 1,67; 1,25 e 1 cm, respectivamente). A velocidade e a distância do participante a tela de visualização (50 cm) foram mantidas constantes em todas as tentativas. Os autores, então, observaram que a frequência de oscilação corporal dos adultos jovens foi correspondente às frequências de movimentação da sala apresentando um relacionamento temporal mais estável nas frequências de 0.2 Hz e 0.3 Hz do que em outras frequências.

Em suma, os resultados destes primeiros estudos foram importantes para demonstrar que o sistema de controle postural é capaz de alterar sua dinâmica intrínseca para utilizar parâmetros do estímulo gerando oscilações corporais correspondentes e mais adequadas às exigências do ambiente e da tarefa (ASSLANDER; PETERKA, 2014; PASMA et al., 2015). Além disto, importantes predições do modelo teórico de Schöner (SCHÖNER, 1991) foram confirmadas por estes estudos indicando que a força de acoplamento entre a informação sensorial e as oscilações corporais poderia ser inferida a partir da estabilidade do relacionamento entre ambas.

Ainda, é interessante notar que este comportamento adaptativo no sistema de controle postural de adultos jovens foi observado não somente sobre a influência do estímulo visual provenientes da sala móvel, mas também por meio de manipulação do estímulo somatossensorial proveniente do toque suave da ponta do dedo em uma superfície rígida (HWANG et al., 2014; JEKA et al., 1998).

Por exemplo, Schöner e colaboradores (SCHONER; DIJKSTRA; JEKA, 1998), submeteram adultos jovens a situação experimental da sala móvel, porém utilizando uma barra de toque a fim de manipular a informação somatossensorial da ponta dos dedos, gerando uma percepção ilusória de movimento corporal. Os indivíduos deveriam permanecer em pé, com os olhos fechados, e realizar um toque suave na superfície desta barra que foi movimentada nas

amplitudes de 3 a 22 mm, mantendo uma frequência constante de 0,2 Hz. Os resultados mostraram que, similarmente a sala móvel visual, os indivíduos tiveram suas oscilações corporais induzidas pela informação proveniente da barra de toque apresentando acoplamentos entre a informação somatossensorial e as oscilações corporais mais fortes quando a barra foi movimentada em amplitudes menores do que 10 mm e mais fracos em amplitude maiores. Os autores sugeriram que em amplitudes maiores, os indivíduos podem ter percebido que o deslocamento produzido pelo corpo era fruto de um objeto externo o que levou o sistema de controle postural a reduzir a influência deste estímulo sobre suas oscilações corporais.

Os resultados destes estudos trouxeram indicativos sobre os processos adaptativos do sistema de controle postural ao demonstrar que alterações nos parâmetros dos estímulos sensoriais podem alterar as respostas musculares responsáveis pela manutenção da posição em pé, sem necessariamente, o conhecimento prévio do indivíduo sobre a manipulação do estímulo. Nesta mesma linha, estudos mais recentes vêm demonstrando os mecanismos envolvidos no uso das informações sensoriais a partir de alterações em seus parâmetros e como o sistema nervoso integra as informações advindas de diversas fontes.

A seguir, será abordado mais detalhadamente as respostas posturais adaptativas frente as alterações nos parâmetros das informações sensoriais e como fatores sobre conhecimento prévio acerca da manipulação visual e instrução para resistir ao fluxo óptico, podem levar o sistema a modificar intencionalmente o seu funcionamento, alterando o relacionamento entre informação sensorial e oscilação corporal.

## 2.2 Os processos adaptativos do sistema de controle postural

Dada a natureza distinta dos canais sensoriais que podem muitas vezes fornecer informações redundantes como também conflitantes entre si, a integração entre as informações sensoriais têm sido sugerida, recentemente, como um processo não-linear (CARVER; KIEMEL; JEKA, 2006) que envolve a alteração dinâmica da importância de uma dada fonte sensorial para o sistema de controle postural de acordo com sua relevância e precisão no fornecimento de informações mais funcionais e confiáveis sobre a orientação e posição do corpo no espaço, (BARELA et al., 2014; POLASTRI et al., 2012) a fim de um controle mais eficiente da postura. Basicamente, o sistema de controle postural maximiza suas respostas posturais para fontes de

informações precisas sobre o ambiente e as minimiza para fontes de informação percebidas como conflitantes ou imprecisas (JEKA; ALLISON; KIEMEL, 2010; OIE; KIEMEL; JEKA, 2002).

Para entender como ocorre os processos adaptativos do sistema de controle postural, alguns estudos têm se utilizado do conhecimento explícito e implícito do sujeito sobre o ambiente e os processos atencionais envolvidos (BARELA et al., 2009, 2013, 2014; GENOVES et al., 2016, 2017; PEROTTI JR et al., 2012; POLASTRI; BARELA, 2013). O conhecimento explícito, normalmente envolve a memorização de informações e ocorre de forma consciente, sendo o mesmo de natureza simbólica, i.e. representado de forma explícita. Já o conhecimento implícito, ocorre de forma inconsciente e de forma sub-simbólica, i.e. não pode ser representada simbolicamente (ELLIS, 2003).

Em situações em que envolvem a sala móvel, o conhecimento explícito é obtido por meio de informações do experimentador sobre o movimento da sala, sendo o participante solicitado a resistir a sua influência ou não (BARELA et al., 2009; GENOVES et al., 2016; PEROTTI JR et al., 2012) e o conhecimento implícito adquirido em momentos em que o participante é exposto a alterações abruptas de amplitude e velocidade, sem o conhecimento de seu movimento (BARELA et al., 2014; GENOVES et al., 2017; POLASTRI; BARELA, 2013), sendo ambos relevantes para que o sistema de controle postural se adapte ao ambiente.

Recentemente, Barela e colaboradores (e.g. BARELA et al., 2009, 2013, 2014; POLASTRI et al., 2012; POLASTRI; BARELA, 2013; RINALDI; POLASTRI; BARELA, 2009) confirmaram estas predições sobre o comportamento adaptativo do sistema de controle postural de adultos jovens ao promover alterações na amplitude dos estímulos sensoriais. Nestes estudos, fortes acoplamentos entre informação sensorial e oscilações corporais foram observados quando a sala móvel foi movimentada em uma baixa amplitude (0,6 cm). Por outro lado, quando a amplitude do estímulo foi abruptamente aumentada (3,5 cm), houve uma rápida redução da influência deste estímulo sobre as oscilações corporais. Mais interessante ainda, os resultados mostraram que quando o indivíduo foi exposto novamente a condição de baixa amplitude (0,6 cm) de movimentação da sala, o sistema não apresentou o comportamento anteriormente observado e sim uma redução da influência deste estímulo nas respostas posturais, mesmo em baixa amplitude.

Apesar de medir as alterações em apenas um canal sensorial, neste caso, o visual, os autores sugeriram que a mudança abrupta de amplitude da sala móvel levou o sistema a repesar as informações sensoriais reduzindo o uso da informação visual para a manutenção da postura e aumentando para outras fontes de informação tais como somatossensorial e vestibular (JEKA; OIE; KIEMEL, 2000). Estas sugestões de repesagem sensorial foram confirmadas, posteriormente, em outros estudos tais como o de Polastri e colaboradores (POLASTRI et al., 2012) que observaram alternância na influência das informações sensoriais (pesos sensoriais) medindo as respostas posturais frente a alterações em dois canais sensoriais simultaneamente (informações visuais e de propriocepção do tornozelo).

É interessante notar que adaptações no funcionamento do sistema de controle postural têm efeitos duradouros até, pelo menos, sete dias após a exposição à sala móvel. Genoves e colaboradores (GENOVES et al., 2017) submeteram 17 adultos jovens a situação da sala móvel em três sessões, por três dias diferentes. Na primeira sessão, os participantes foram expostos a sete tentativas, com duração de 60 segundos cada. Nas três primeiras (1, 2 e 3) e nas três últimas (5, 6 e 7) tentativas, a sala foi movimentada em uma amplitude de 0,6 cm e velocidade de pico 0,6 cm/s, denominadas de tentativas de pré-mudança e pós-mudança, respectivamente. Somente na quarta tentativa, a sala foi movimentada em uma amplitude de 3,5 cm e velocidade de 3,5 cm/s, denominada de tentativa de mudança. A segunda sessão ocorreu um dia após a primeira sessão. Já a terceira sessão, ocorreu sete dias após a primeira sessão. Os resultados deste estudo indicaram que houve a redução do acoplamento entre informação visual e oscilação corporal de adultos jovens nas três últimas tentativas da primeira sessão e que este comportamento foi exibido, pelo menos, sete dias após a informação de mudança de amplitude da sala móvel sugerindo que o sistema de controle postural é capaz de manter o comportamento adaptativo causado por mudanças no ambiente.

É importante salientar que esta característica de funcionamento do sistema de controle postural imprime flexibilidade nas respostas posturais permitindo ajustes mais funcionais às demandas do ambiente e da tarefa já que é essencial que o sistema desacople a estímulos que possam prejudicar o equilíbrio e orientação do corpo, maximizando suas respostas a outras fontes de informação (CARVER; KIEMEL; JEKA, 2006). Por outro lado, quando as informações sobre o ambiente permanecem constantes e inofensivas à estabilidade do sistema, relacionamentos

fortes e estáveis entre a informação sensorial e as respostas posturais são mantidos (POLASTRI; BARELA, 2002).

Respostas posturais adaptativas também têm sido observadas em crianças (GODOI; BARELA, 2008) e idosos (BARELA et al., 2013; LOPES; RAZUK; BARELA, 2009), no entanto, os resultados dos estudos têm apontado que estas respostas são menos eficientes do que as observadas em adultos jovens. Por exemplo, Polastri e colaboradores (POLASTRI; BARELA, 2013) observaram que mesmo crianças de quatro anos de idade são capazes de reduzir as oscilações corporais frente ao aumento da amplitude da sala móvel, reduzindo a influência da informação visual sobre suas oscilações corporais. Entretanto, esta redução no acoplamento foi menor do que aquela observada em crianças de 12 anos de idade, que por sua vez, apresentaram comportamentos similares aos adultos jovens, indicando que estes processos necessitam ser desenvolvidos para que as crianças possam transferir experiências anteriores no ambiente sensorial para circunstâncias similares em situações futuras.

Idosos têm demonstrado processos adaptativos do sistema de controle postural em situações similares (BARELA et al., 2013; LOPES; RAZUK; BARELA, 2009; PRIOLI et al., 2005). Barela e colaboradoes (BARELA et al., 2013) investigaram as respostas posturais adaptativas alterando a amplitude da sala móvel da mesma maneira que os estudos anteriores e observaram que embora apresentassem respostas similares a adultos jovens, o acoplamento sensório-motor dos idosos a esta situação ilusória foi mais acentuado, com valores de ganho maiores entre do que adultos jovens. Ainda, embora tenham reduzido a influência da sala móvel na tentativa de aumento da amplitude, suas respostas posturais foram menos adaptativas nas tentativas posteriores quando comparado ao de adultos, com valores de ganho maiores do que os apresentados por adultos jovens.

Em adição, Lopes e colaboradores (LOPES; RAZUK; BARELA, 2009), investigaram a influência das características de movimentação da sala móvel e o efeito da intenção nas respostas posturais frente à manipulação da sala móvel em idosas. Dois grupos de idosas foram submetidos a diferentes velocidades de movimento da sala sendo um grupo na velocidade pico de 0,6 cm/s, e o outro na de 1,0 cm/s. Foram realizadas sete tentativas de 60 segundos e a partir da quinta tentativa, as idosas foram informadas sobre o movimento da sala e instruídas a resistir aos seus movimentos. Os resultados mostraram que a oscilação corporal das participantes foi induzida pelo movimento da sala móvel, mas o conhecimento sobre o movimento da sala e a intenção em

resistir ao fluxo foram fatores que reduziram a influência da sala móvel (menores valores de ganho) sobre as oscilações corporais. Os autores sugeriram que essa população apresenta dificuldade em discriminar e utilizar as informações mais confiáveis com o passar dos anos, o que pode estar associado ao elevado índice de quedas dessa população.

Este estudo, no entanto, trouxe um aspecto ainda mais interessante ao indicar que para esta população, a intenção em resistir ao fluxo, conhecimento explícito fornecido pela instrução do experimentador, foi mais efetiva em reduzir a influência da sala móvel do que simplesmente o conhecimento implícito adquirido com o aumento da amplitude do movimento da sala. Estes resultados parecem indicar que, no caso dos idosos, houve a necessidade de maior esforço atencional para desacoplar a um estímulo errôneo (ilusório) disponível no ambiente trazendo indicativos de um possível envolvimento de processos atencionais no relacionamento entre informação sensorial e oscilação corporal.

A seguir, serão abordados temas referentes à atenção e a influência de processos atencionais na manutenção da estabilidade postural e mais, quais são seus efeitos nos processos adaptativos do sistema de controle postural.

## 2.3 A atenção e seus efeitos no sistema de controle postural

Em nosso cotidiano, diversas tarefas exigem que seus diferentes componentes (perceptíveis e motores) sejam integrados para que o objetivo seja alcançado eficientemente (HUXHOLD et al., 2006). Consequentemente, a atenção é uma questão importante a ser tratada e entendida, uma vez que, sistematicamente o indivíduo deve focalizar em aspectos relevantes para a ação.

A atenção sempre está relacionada com a percepção à ação e às necessidades e motivos de uma pessoa. Deste modo, a atenção refere-se à percepção em relação a uma tarefa/objetivo, motivado interna ou externamente (GIBSON; RADER, 1979). Além disso, a atenção demonstra que a percepção é um processo ativo e que a extração de informações de um evento em andamento, ocorre de forma seletiva e econômica em relação ao desempenho (GIBSON; RADER, 1979).

Uma suposição a respeito da atenção é que ela é limitada para qualquer indivíduo e que a execução de qualquer tarefa consome uma determinada parte desta capacidade. Portanto, quando

duas tarefas são realizadas concomitantemente, e exigem além da capacidade total, o desempenho de uma ou de ambas as tarefas se deteriora (SHUMWAY-COOK; WOOLLACOTT, 2000). Neste tipo de situação, a eficiência do sistema de controle postural em manter o equilíbrio diminui devido a redução da demanda de atenção disponível e de um processamento de informação concorrente pela execução da tarefa concomitante, provocando um aumento na oscilação postural (BENSOUSSAN et al., 2007; CONDRON; HILL, 2002).

Sendo assim, o indivíduo deve filtrar as informações essenciais para o controle da postura, sendo conhecida como atenção seletiva, definida como a percepção do indivíduo a específicos aspectos do ambiente de forma ativa, seletiva e eficiente (GIBSON; RADER, 1979). A atenção seletiva pode ocorrer das seguintes formas: 1-) quando o indivíduo focaliza a atenção em um único estímulo; 2-) quando divide a atenção entre um ou mais estímulos; 3-) quando muda a atenção de um estímulo para outro; ou 4-) quando ignora estímulos irrelevantes para tarefa presentes no ambiente. Contudo, estas não são tarefas fáceis de serem realizadas mesmo estando usualmente presentes em nosso dia-a-dia (CSIBRA; JOHNSON; TUCKER, 1997).

Vários estudos investigaram o efeito de instruções que direcionam a atenção para algum aspecto externo (ambiente) ou interno (próprio corpo) sobre a manutenção da posição em pé quieta (MCNEVIN; SHEA; WULF, 2003; MCNEVIN; WULF, 2002; VUILLERME; NAFATI, 2007). Em síntese, os resultados destes estudos mostraram que fornecer instruções/dicas que tenham o intuito de direcionar a atenção do executor para os efeitos de seu movimento (foco externo), têm sido mais benéfico para a postura (redução de oscilação corporal) do que focar a atenção ao próprio movimento (foco interno) (WULF et al., 2004; WULF; MCNEVIN; SHEA, 2001). Portanto, fornecer este tipo de instrução nem sempre é a forma mais adequada, uma vez que, poderia degradar o funcionamento de habilidades automatizadas (VUILLERME; NAFATI, 2007), como o caso do controle da postura, prejudicando assim a dinâmica intrínseca de funcionamento do sistema.

Vuillerme e Nafati (VUILLERME; NAFATI, 2007) investigaram como o direcionamento da atenção por meio de uma instrução afeta a oscilação corporal de adultos jovens. Para isso, os participantes foram posicionados com os pés juntos em cima de uma plataforma de força e realizaram duas condições experimentais: 1-) condição controle: no qual nenhuma informação foi dada para o sujeito para onde direcionar sua atenção e 2-) condição de atenção: na qual foi dada a

instrução para que o sujeito focalizasse sua atenção na oscilação corporal e aumentasse assim, o seu controle ativo. Ainda, em ambas as condições, um estímulo auditivo foi dado ao participante, o qual o participante deveria responder oralmente o mais rápido possível a este estímulo. Os resultados indicaram que durante a condição de atenção, houve um aumento na amplitude e frequência do deslocamento do centro de pressão (COP) em relação a projeção vertical do mesmo. Estes resultados sugerem que direcionar a atenção do sujeito para suas oscilações corporais, induzida pelas instruções, ocasionou na diminuição da automaticidade do controle postural, dificultando assim, um controle mais eficiente da postura.

Parece, portanto, que o direcionamento da atenção, tanto para aspectos internos quanto para externos, pode vir a modificar a dinâmica intrínseca do sistema de controle postural, podendo influenciar no controle da ação motora (BARELA et al., 2014; GENOVES et al., 2016). Entretanto, ainda pouco se sabe como as demandas atencionais podem interferir no funcionamento adaptativo deste sistema tendo em vista que os resultados encontrados são, muitas vezes, divergentes e estão sempre em função da alocação da atenção.

Por exemplo, durante tarefas concomitantes que envolvem a atenção, vários estudos tem encontrado uma queda na capacidade de controle postural (aumento das oscilações corporais) tanto em adultos quanto em idosos (MAYLOR; WING, 1996; MORRIS et al., 2000; PELLECCHIA, 2003; REDFERN et al., 2001; TEASDALE; SIMONEAU, 2001), ou até mesmo um baixo desempenho na tarefa concomitante, também conhecida como tarefa dual ou secundária (KERR; CONDON; MCDONALD, 1985; RILEY; BAKER; SCHMIT, 2003), Por outro lado, outros estudos mostraram resultados opostos (diminuição das oscilações corporais) (HUNTER; HOFFMAN, 2001; MELZER et al., 2001; MORIOKA; HIYAMIZU; YAGI, 2005; STOFFREGEN et al., 2000), apresentando uma divergência nos achados.

A controvérsia nestes resultados pode ser decorrente de fatores como: a quantidade de atenção automaticamente direcionada para manter o equilíbrio (MORIOKA; HIYAMIZU; YAGI, 2005), pela disponibilidade/presença de pistas visuais presentes na tarefa (KAPOULA; LÊ, 2006), pela redução intencional da oscilação postural com o objetivo de realizar a tarefa secundária de forma eficiente (STOFFREGEN et al., 2000) ou pela obtenção de conhecimento explícito e implícito sobre o estado do ambiente, que serão utilizadas pelo sistema para controle da postura (BARELA et al., 2014).

Barela e colaboradores (BARELA et al., 2014) investigaram os efeitos do conhecimento explícito e implícito de adultos jovens sobre o movimento da sala móvel no acoplamento sensório-motor. Para isso, 20 adultos jovens, divididos em dois grupos (implícito e explícito), realizaram sete tentativas, sendo que nas três primeiras nenhuma informação foi fornecida pelo experimentador e o movimento da sala foi realizado em baixa amplitude (0,6 cm). Na quarta tentativa, o grupo "explícito" foi informado sobre o movimento da sala, mas permaneceu sendo exposto ao movimento de baixa amplitude da sala (0,6 cm) pelo restante das tentativas. Já ao grupo "implícito", não foi dada qualquer informação verbal e o mesmo foi exposto ao aumento abrupto da amplitude de movimento da sala (3,5 cm) na quarta tentativa e retornou a baixa amplitude da sala nas demais tentativas posteriores. Os resultados indicaram que as respostas posturais frente a manipulação da sala diminuíram, em ambas as situações, contudo, essa diminuição foi ainda mais acentuada (menores valores de ganho) para o grupo de informação implícita.

Estes resultados indicam que os diferentes modos de atuação (auto-movimento e movimento do objeto), que o sistema de controle postural exibe frente às constantes demandas sensoriais no ambiente, interferem nos seus mecanismos adaptativos a partir do conhecimento explícito e implícito sobre as alterações ambientais. Quando há conhecimento explícito, componentes atencionais exigidos pela tarefa podem gerar uma menor diminuição da influência dos estímulos sensoriais quando comparado ao conhecimento implícito, devido a um esforço consciente do indivíduo em alcançar o objetivo da tarefa enquanto mantém um controle eficiente da postura.

Considerando que o sistema de controle postural, em situações normais, sempre compartilha os recursos atencionais com a realização de outras tarefas durante a manutenção de uma posição desejada, será que diferentes demandas atencionais poderiam interferir na dinâmica intrínseca do sistema de controle postural em uma situação de conhecimento implícito sobre as alterações no ambiente? Alguns estudos têm investigado como a realização de tarefas concomitantes interferem na dinâmica intrínseca do sistema de controle postural (HUXHOLD et al., 2006; MARCHESE; BOVE; ABBRUZZESE, 2003; SCHMID et al., 2007). No entanto, esta interferência têm sido observada somente quando o sistema têm conhecimento explícito sobre as alterações no ambiente.

Assim, ainda existem lacunas sobre quais recursos são utilizados pelo sistema quando significativas mudanças são percebidas no ambiente, como as de mudança abrupta na amplitude de movimentação da sala (conhecimento implícito) e como estes recursos são compartilhados durante a realização de tarefas concomitantes. A seguir serão apresentados estudos que mostraram os efeitos da realização de uma tarefa concomitante no relacionamento entre informação visual e oscilação corporal e como que estas tarefas interferem nos processos adaptativos do sistema de controle postural.

## 2.4 Efeitos da tarefa visual concomitante com movimento dos olhos no sistema de controle postural de adultos jovens

Em nosso cotidiano, o sistema de controle postural, durante a manutenção da posição em pé, divide recursos de processamento central com a realização concomitante de outras tarefas, como por exemplo, tarefas visuais (AGUIAR et al., 2015; BONNET et al., 2009; RODRIGUES et al., 2013; STOFFREGEN et al., 2007), de leitura (LEGRAND et al., 2012) e de memória (DOUMAS et al., 2012; RILEY et al., 2012).

O uso de tarefas concomitantes à manutenção da postura vem sendo utilizada para investigar em quais circunstâncias a realização de uma tarefa concomitante interfere no controle automático das respostas posturais (LACOUR; BERNARD-DEMANZE; DUMITRESCU, 2008; PRADO et al., 2007). Deste modo, é possível identificar o grau de declínio do desempenho em qualquer das tarefas indicando uma interferência dos processos que controlam ambas as tarefas e portanto, qual a extensão no comprometimento de recursos atencionais (WOOLLACOTT; SHUMWAY-COOK, 2002).

Por exemplo, Andersson e colaboradores (ANDERSSON et al., 2002) investigaram em dois estudos, o efeito da tarefa de contagem de trás para frente, no desempenho do sistema de controle postural. No primeiro experimento, os autores submeteram 30 adultos jovens à tarefa de contagem de números ao mesmo tempo em que fizeram uma estimulação elétrica na panturrilha dos participantes. No segundo experimento, 20 adultos jovens foram submetidos a um desenho experimental semelhante, entretanto, durante as tentativas em que o participante não realizou a contagem de trás para frente, o mesmo foi instruído a focar no controle da postura e fornecer uma classificação de sua oscilação corporal. Os resultados mostraram que a perturbação do equilíbrio

(estimulação elétrica na panturrilha) levou a diminuição no desempenho da tarefa de contagem no estudo 1, porém, o mesmo efeito não foi observado no estudo 2. Adicionalmente, os autores observaram uma diminuição da oscilação corporal durante a realização da tarefa de contagem.

Estes resultados indicam que o desempenho de uma tarefa que envolve atenção foi prejudicada quando houve uma perturbação significativa da postura. Sendo assim, a tarefa de contagem parece ter sido responsável pela diminuição da oscilação corporal. Em contrapartida, quando a atenção estava focada no controle da postura, houve uma atenuação do efeito da tarefa de contagem sobre a oscilação corporal demonstrando possíveis interferências no gerenciamento de ambas as tarefas pelo sistema nervoso central relativas a suas específicas demandas.

Recentemente, estudos têm investigado o efeito de tarefas visuais envolvendo os movimentos dos olhos sobre as oscilações corporais de adultos jovens (GLASAUER et al., 2005; REY et al., 2008; RODRIGUES et al., 2013, 2015; STOFFREGEN et al., 2006). Em particular, estes estudos são interessantes já que os movimentos dos olhos são comportamentos essenciais para o sistema de controle postural, visto que por meio dos movimentos dos olhos, o indivíduo consegue obter as informações visuais relevantes do ambiente, trazendo aspectos importantes da cena visual para a fóvea, o que permite a entrada de luz e transdução do impulso elétrico que será utilizado pelo cérebro para fazer a interpretação da cena (RODRIGUES; VICKERS; WILLIAMS, 2002).

Rodrigues e colaboradores (RODRIGUES et al., 2015), por exemplo, examinaram o efeito dos movimentos dos olhos guiados por um alvo sobre os deslocamentos do centro de pressão (COP) de adultos jovens. Para isso, os adultos permaneceram em base bipodal e realizaram tarefas visuais de fixação, movimentos de perseguição e movimentos sácadicos dos olhos sendo a frequências dos estímulos visuais de 0,5 Hz e 1,1 Hz nas tarefas que envolviam movimento dos olhos. Os resultados mostraram que nas tarefas visuais de perseguição e movimentos sacádicos, as oscilações corporais dos participantes foram atenuadas em comparação à tarefa de fixação do olhar em um alvo estacionário, independente da frequência do alvo (lentos - de 0,5 Hz, ou rápidos 1.1Hz).

Legrand e colaboradores (LEGRAND et al., 2013) investigaram os diferentes efeitos da realização de tarefas próssacádicas (movimentos rápidos dos olhos em direção ao alvo visual apresentado) e antissacádicas (movimentos rápidos dos olhos em direção oposta ao alvo visual

apresentado) sobre a estabilidade postural de adultos jovens. Os participantes deveriam realizar algumas tarefas visuais (fixação com e sem distração; próssacadas e antissacadas), em duas bases de apoio (Romberg e Tandem Romberg), realizando, desta forma, tarefas duplas. Os resultados mostraram que os movimentos sacádicos dos olhos diminuíram a oscilação corporal em comparação a tarefa de fixação e que as tarefas antissacadas aumentaram a oscilação corporal em relação aos próssacádicas, indicando um desempenho não-linear do sistema de controle postural, i.e. em forma de U. Com base nesses resultados, os autores sugeriram que os diferentes graus de demanda atencional exigidas para a realização das tarefas visuais (próssacádicas e antissacádicas) são responsáveis pelos diferentes efeitos observados no modo de atuação do sistema de controle postural.

Em situações nas quais ocorre a manipulação do estímulo visual (sala móvel), estudos recentes também têm encontrado efeitos significativos da tarefa concomitante sobre o acoplamento sensório-motor de adultos jovens (AGUIAR et al., 2014; GENOVES et al., 2017). Aguiar e colaboradores (AGUIAR et al., 2014), por exemplo, investigaram os efeitos da informação explícita, da intenção e da demanda atencional no acoplamento entre informação visual e oscilação corporal. Neste estudo, adultos jovens foram submetidos à situação da sala móvel durante cinco tentativas com amplitude de 0,6 cm e frequência de 0,2 Hz de movimento da sala. Os participantes foram expostos ao movimento da sala nas duas primeiras tentativas sem qualquer informação sobre seu movimento. No entanto, na terceira tentativa foram informados sobre o movimento da sala e na quarta tentativa foram solicitados a resistir ao movimento da mesma. Por fim, na quinta tentativa, os participantes foram instruídos a resistir à sala e contar de trás para frente, a partir do número 100, de três em três números, realizando, desta forma, uma tarefa dupla. Os resultados deste estudo indicaram que a influência da sala móvel na oscilação corporal diminuiu quando os participantes foram informados sobre o movimento da sala e que essa diminuição foi ainda maior quando eles foram solicitados a resistir ao movimento. Entretanto, quando os participantes realizaram a tarefa dupla, os valores de ganho foram similares a quando eles não tinham informação sobre o movimento da sala (dinâmica intrínseca) embora, com um comportamento menos correspondente a movimentação da sala, como indicado pelos valores de coerência entre os movimentos da sala e as oscilações corporais.

Adicionalmente, Genoves e colaboradores (GENOVES et al., 2016) investigaram os efeitos da tarefa concomitante e postural no acoplamento sensório motor de adultos jovens.

Participaram 30 adultos jovens, que foram divididos em dois grupos de acordo com a dificuldade da tarefa postural (base ampla – menos desafiadora; restrita – mais desafiadora). Foram realizadas nove tentativas, sendo que durante o primeiro bloco (tentativas 2, 3, 4, e 5) não foram fornecidas nenhuma informação sobre o movimento da sala. No segundo bloco (tentativas 6, 7, 8, e 9), os participantes foram informados sobre o movimento da sala e instruídos a resistir a ela. A sala foi movimentada em uma amplitude de 0,6 e frequência de 0,2Hz em todo o experimento. Além disso, em duas tentativas de cada bloco, escolhidas randomicamente, os participantes deveriam realizar uma tarefa que consistia em contar de trás para frente, a partir do número 100, de três em três números. Os resultados mostraram que o acoplamento foi reduzido somente na tarefa postural mais fácil quando os participantes tinham conhecimento sobre a oscilação da sala. Os autores concluíram que esta tarefa postural foi realizada com baixo ou nenhum requisito de atenção e que a tarefa postural mais difícil exigiu maior demanda atencional para sua realização dificultando alterações no acoplamento sensório-motor de adultos jovens.

Portanto, os estudos acima mostram que a tarefa concomitante exerce influência sobre o sistema de controle postural, gerando mudanças na dinâmica intrínseca do sistema. Porém, essa mudança exige algum nível de atenção, limitando os recursos disponíveis para a alteração do controle da postura (AGUIAR et al., 2014; GENOVES et al., 2016). Esse compartilhamento de recursos pode comprometer o desempenho em alguma das tarefas realizadas, uma vez que os recursos atencionais necessários podem não estar disponíveis.

Pessoas com privação do sono, por exemplo, têm demonstrado problemas na obtenção e utilização da informação sensorial para as ativações musculares adequadas para o controle da postura (AGUIAR; BARELA, 2015; VARGAS; AGUIAR; BARELA, 2017). Este tipo de alteração vem sendo investigada em situações na qual o indivíduo sofre perturbações do meio, no momento em que o mesmo necessita dividir sua atenção com outras tarefas. É interessante salientar que estes indivíduos apresentam dificuldade em sustentar a atenção em diferentes tarefas ao mesmo tempo e por um tempo prolongado.

Aguiar e Barela (AGUIAR; BARELA, 2015) examinaram os efeitos da privação do sono nos processos adaptativos do sistema de controle postural. Participaram 30 adultos jovens sendo divididos em dois grupos: quinze privados de sono e quinze que dormiram pelo menos 8 horas na noite anterior ao experimento. Ambos os grupos foram submetidos à manipulação da sala móvel cujos movimentos foram realizados em uma amplitude baixa (0,9 cm), sendo que na quarta

tentativa houve aumento de amplitude da sala (5,1 cm). Os resultados mostraram que após o aumento da amplitude, ambos os grupos reduziram o acoplamento, no entanto, essa diminuição foi menos acentuada no grupo privado de sono, indicando que eles não são tão eficientes em discriminar e repesar as informações sensoriais mesmo vivenciando suas alterações (conhecimento implícito).

Portanto, este estudo indica, de forma geral, que a privação do sono prejudica a capacidade do sistema de controle postural de se adaptar enquanto realiza tarefas que necessitam de recursos atencionais. Os autores sugerem que os participantes privados de sono, possuem dificuldades na obtenção da informação sensorial confiável e em manter a atenção exigida pela tarefa (VARGAS; AGUIAR; BARELA, 2017).

Estes estudos parecem evidenciar que algum recurso atencional é necessário para utilizar as informações disponíveis no ambiente, que tenham potencial para perturbar consideravelmente o equilíbrio corporal. No entanto, ainda não está claro como estes recursos são utilizados e em quais circunstâncias o sistema nervoso necessita destes recursos na manutenção das respostas posturais.

Tendo em vista que crianças, idosos e indivíduos privados de sono exibem respostas menos eficientes às alterações abruptas nos parâmetros de amplitude da sala, será que esta eficiência pode estar relacionada a falta de recursos atencionais mínimos para que os processos adaptativos no funcionamento do controle postural ocorram como os observados em adultos jovens? Mais ainda, aumentar a demanda atencional ao realizar tarefas concomitantes, por exemplo, aumentando a dificuldade das tarefas, pode interferir diferentemente nos processos adaptativos do sistema de controle postural de adultos jovens quando comparado a tarefas de menor dificuldade?

É importante enfatizar que os estudos que investigaram a interferência de tarefas que envolvam recursos atencionais e tarefas posturais no relacionamento entre informação visual e oscilação corporal, o fizeram em situações nas quais o indivíduo possuía conhecimento explícito sobre as alterações nos parâmetros da sala móvel e a instrução para resistir. Ainda, em nenhum estudo foi verificado esta interferência durante o conhecimento implícito (aumento nos parâmetros de amplitude da sala) e como os processos adaptativos poderiam ser afetados por isto. Portanto, entender como o sistema utiliza seus recursos atencionais, sem possuir o conhecimento

prévio sobre as alterações sensoriais no ambiente e funcionando em sua dinâmica intrínseca, ainda necessita de esclarecimentos.

Em particular, utilizar tarefas visuais que envolvam os movimentos dos olhos pode vir a aumentar ainda mais a demanda da tarefa concomitante já que este tipo de tarefa altera o comportamento do olhar do indivíduo dificultando sua exploração visual e, consequentemente, pode interferir na obtenção de informação visual relevante. Sendo assim, investigar o comportamento do olhar e desempenho da tarefa visual juntamente com as alterações no funcionamento do controle postural poderia contribuir para o entendimento deste assunto.

Portanto, os principais questionamentos do estudo são: Será que a realização de tarefas concomitantes, com diferentes demandas atencionais, em uma situação de mudança nos parâmetros da sala móvel, afetaria os processos adaptativos do sistema de controle postural, quando o indivíduo não possui nenhum conhecimento (explícito e implícito) sobre esta alteração? Será que o sistema de controle postural necessita dividir os recursos atencionais frente a mudanças no ambiente percebidas implicitamente? Será que no momento de alteração do estímulo, o sistema de controle postural precisa demandar algum nível de atenção para utilizar as informações do ambiente?

Se for necessário a utilização de algum recurso atencional para discriminar as informações presentes no meio e usá-las, será que a utilização deste recurso em outra tarefa (concomitante) poderia afetar a forma como adultos jovens conseguem repesar as informações sensoriais? Ainda não esta claro como o sistema de controle postural consegue gerar suas adaptações, frente a alterações abruptas no ambiente, ao mesmo tempo em que o indivíduo realiza uma tarefa concomitante que demanda recursos atencionais. Por fim, as alterações abruptas no ambiente, poderiam alterar o comportamento do olhar e, consequentemente, o desempenho da tarefa visual e de memória?

Portanto, o presente estudo buscou averiguar como o sistema de controle postural consegue obter e utilizar as informações presentes no meio ambiente ao mesmo tempo em que ele compartilha seus recursos atencionais durante a realização de tarefas concomitantes. No presente estudo, as tarefas utilizadas foram tarefas visuais com diferentes demandas atencionais que tiveram como intuito alterar o comportamento do olhar, por meio dos movimentos contínuos dos

olhos, e aumentar, ainda mais as demandas atencionais, com a adição de uma tarefa de memória, que envolve a contagem de números, durante a execução dos movimentos dos olhos.

## 3. OBJETIVOS E HIPÓTESES GERAIS

### 3.1 Objetivo Geral:

O objetivo do presente estudo foi investigar o efeito das tarefas visuais com diferentes demandas atencionais sobre os processos adaptativos do sistema de controle postural e sobre os processos adaptativos do comportamento do olhar de adultos jovens frente ao conhecimento implícito da alteração abrupta nos parâmetros de amplitude da sala móvel.

### 3.2 Objetivos específicos:

1-) Examinar o acoplamento entre informação visual advindas da sala móvel e o deslocamento do COP de adultos jovens durante a realização de tarefas visuais, com diferentes demandas atencionais, antes, durante e após a mudança nos parâmetros de amplitude da sala móvel.

2-) Examinar o comportamento do olhar de adultos jovens antes, durante e após a mudança nos parâmetros de amplitude da sala móvel.

### 3.3 Hipóteses

1-) Em relação à força de acoplamento entre a informação visual advinda da sala móvel e a oscilação corporal, antes da alteração de amplitude da sala, esperava-se que a demanda da tarefa visual não influenciasse o acoplamento sensório-motor. Entretanto, durante e após o aumento de amplitude da sala móvel, o grupo com maior demanda atencional apresentaria maior influência da sala móvel, apresentando valores de ganho maiores e menor variabilidade de posição e velocidade do que os demais grupos.

2-) Em relação ao comportamento do olhar antes, durante e após a alteração da amplitude da sala móvel, esperava-se que o grupo com maior demanda atencional apresentasse maiores números de fixações com menor duração em todas as condições. Ainda, maiores valores de tempo de reação visual (intervalo de tempo entre os movimentos dos olhos em relação ao

movimento do alvo da tarefa visual) seriam observados para o grupo com maior demanda atencional durante a mudança abrupta de parâmetros de amplitude da sala.

# 4. MÉTODOS

## 4.1 Participantes:

Participaram do presente estudo 45 adultos jovens, do sexo masculino e feminino, com idade entre 18 e 25 anos, que foram recrutados a partir de contatos realizados na cidade de Bauru e na própria universidade de realização do estudo. Os participantes foram distribuídos de forma aleatória em três grupos, de acordo com as tarefas visuais propostas, sendo: 1) Grupo Fixação em um alvo estacionário (GFIX - controle); 2) Grupo Movimentos Sacádicos Horizontais Imprevisíveis (GMSI); e 3) Grupo Movimentos Sacádicos Horizontais Imprevisíveis com Tarefa de Memorização (GMSI-M). Esta distribuição aleatória em três grupos distintos teve como objetivo expor o participante uma única vez à mudança abrupta da amplitude de movimento da sala, tendo em vista que os efeitos da exposição a sala móvel em alta amplitude, repetidamente, ainda não são conhecidos.

Como critérios de inclusão e exclusão, os participantes não deveriam apresentar histórico de problemas neuromusculares, próteses, uso de medicamentos ou doenças que pudessem afetar a habilidade de manter o equilíbrio. Ainda, os participantes realizaram a Escala Optométrica de Snellen, que é frequentemente utilizada para se obter um diagnóstico prévio da condição visual do indivíduo (acuidade visual). Neste teste, os participantes deveriam apresentar uma pontuação de 20/20 ou 20/25, considerado como níveis de acuidade normais, mantendo assim, uma acuidade visual similar entre todos os indivíduos. Ainda, todos os participantes tiveram visão corrigida para normal com o uso de óculos ou lentes corretivas, se necessário.

Para participar dos procedimentos experimentais do estudo, os participantes se deslocaram até o LIVIA - Laboratório de Informação Visão e Ação, no Departamento de Educação Física da UNESP/Bauru, no qual foram previamente informados sobre os procedimentos experimentais do estudo e assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE – ANEXO I) aprovado pelo Comitê de Ética local (CAAE: 82715518.0.0000.5398) concordando em participar do estudo.

### 4.2 Procedimentos

Inicialmente, foi mensurado o peso corporal e a estatura dos participantes (TABELA 1), com o intuito de controle das características da amostra. Os participantes, então, realizaram o Teste de Snellen (ANEXO II).

**Tabela 1.** Média e desvio padrão das medidas antropométricas e da acuidade visual de todos os grupos.

| | GFIX | GMSI | GMSI-M |
|---|---|---|---|
| **Idade (anos)** | 21.25 (±2.59) | 20.06 (±1.57) | 20.5 (±1.83) |
| **Peso Corporal (Kg)** | 71.46 (±12.82) | 66.08 (±13.44) | 66.64 (±13.08) |
| **Estatura (metros)** | 1.69 (±0.06) | 1.67 (±0.08) | 1.69 (±0.07) |
| **Acuidade visual** | 20/20 | 20/20 | 20/20 |

Após estes procedimentos, o participante foi sorteado em um dos três grupos, mencionados anteriormente e esse sorteio ocorreu até que se completasse 15 participantes por grupo. Depois de selecionado em um grupo, o participante foi solicitado a permanecer em pé quieto, com os braços ao longo do corpo, sobre uma plataforma de força, dentro de uma sala móvel, utilizando um equipamento de aquisição dos movimentos dos olhos (Eye Tracker, modelo H6) para que fosse iniciado a calibração e sincronização dos equipamentos para a coleta de dados.

### 4.3 Equipamentos

A Figura 1 apresenta uma foto ilustrativa da situação experimental e a disposição da plataforma de força e sistema de aquisição do movimento dos olhos dentro da sala móvel, durante a coleta de dados. A descrição de cada um dos equipamentos utilizados segue abaixo.

**Figura 1.** Foto ilustrativa da situação experimental com um adulto jovem posicionado em pé sobre a plataforma de força e com o *eye tracker* posicionado na cabeça dentro da sala móvel durante uma tarefa visual de movimento sacádico horizontal imprevisível (GMSI).

### *4.3.1 Sala Móvel*

A sala móvel é constituída por três paredes brancas, cobertas com listras verticais pretas (20 cm de largura) e um teto pintado de branco que foram montados sobre uma armação de alumínio (2.0 x 2,0 x 2.0 metros – largura, altura e comprimento). Esta estrutura está alocada sobre trilhos o que possibilitou seu movimento para frente e para trás, independente do chão.

Um projetor multimídia (EPSOM Powerlite W6) fixado no teto desta sala foi utilizado para fornecer as imagens (alvos) que foram visualizadas pelos participantes, referentes ás tarefas visuais. Durante a coleta, o indivíduo não conseguiu visualizar o movimento do projetor, ocasionado pela movimentação da cabine, já que o mesmo permaneceu fixado acima de sua cabeça, garantindo que o participante não obtivesse informação adicional sobre o movimento da sala.

O movimento da sala foi controlado por um sistema constituído por um controlador (Parker Compumotor - Mod. 6k8) e um motor de passo (Mod. PL06) que esteve conectado à armação de alumínio da sala (Figura 2). Além disso, programas específicos de computador (Compumotor - Motion Architect), escritos por linguagem computacional, controlaram este

sistema, possibilitando assim, com que o movimento da sala fosse realizado em amplitude, frequência e velocidade constantes previamente estabelecidas.

*4.3.2 Sistema Magnético de analise do movimento*

Para mensurar o deslocamento da sala, foi utilizado um sistema magnético de análise de movimento (Flock of Birds Magnetic System) composto por um receptor, um transmissor e uma unidade de controle. Através deste sistema, foi possível medir a posição e orientação do sensor em relação ao transmissor, por meio de comunicação eletromagnética entre as partes.

O receptor do sistema magnético foi afixado em uma ripa de madeira, com uma distância de 25 centímetros da sala e o transmissor posicionado na parede lateral, sob uma distância de, aproximadamente, 10 cm do receptor. Este procedimento foi adotado com o objetivo de minimizar a interferência da estrutura de alumínio da sala no sistema magnético de analise de movimento.

*4.3.3 Plataforma de Força*

Para mensurar a oscilação corporal dos indivíduos foi utilizada uma plataforma de força (AMTI – AccuGait) (Figura 4). Esta plataforma consiste em uma placa com quatro sensores elétricos que medem os componente das forças horizontal e vertical (Fx, Fy e Fz) e os momentos destas forças (Mx, My e Mz). Esses componentes medem a força de reação do solo que, juntamente com seus momentos, foram utilizadas para calcular o centro de pressão (COP), sendo este a resultante das forças horizontais e vertical agindo sobre a superfície de suporte (DUARTE; FREITAS, 2010).

*4.3.4 Eye tracker - Aquisição do movimento dos olhos*

Os movimentos dos olhos foram mensurados a partir de um sistema de rastreamento do movimento dos olhos (ASL, modelo H6). Este sistema foi alocado na cabeça dos participantes. O referido sistema é monocular e detecta a posição da pupila e da reflexão da córnea com uma acurácia de 1º de ângulo visual (uma pequena fonte de luz quase infravermelha refletida na superfície da córnea) em uma imagem de vídeo do olho.

Para isso, duas micro câmeras: uma que filma o olho do sujeito (cuja imagem é refletida na parte interna de um visor acoplado ao aparato da cabeça) e outra que filma diretamente a cena que o sujeito esta vendo, identificaram as posições relativas da pupila e da reflexão na córnea em

tempo real por meio de programas computacionais específicos, com base nos seus distintos níveis de contraste. Após o cálculo dos centróides da pupila e da reflexão na córnea, as coordenadas horizontais e verticais (em unidades de vídeo) foram utilizadas para determinar a linha do olhar em relação ao sistema óptico do equipamento. É importante ressaltar que durante a coleta de dados, foi solicitado ao participante reportar possíveis desconfortos com o uso do equipamento. Quando necessário ou solicitado pelo participante, o equipamento foi retirado de sua cabeça para ajustes.

Assim, o participante permaneceu o mais estável possível, sem mexer a cabeça, e o experimentador apresentou uma imagem com nove pontos na parede frontal da sala, no qual, foi pedido para que o participante olhasse em sequência e em ordem crescente para cada ponto quando solicitado. Este procedimento foi adotado com o intuito de registrar no sistema de rastreamento dos olhos, a linha do olhar (coordenada horizontal e vertical) em cada situação.

#### *4.3.5 Outros equipamentos*

Além destes equipamentos, uma caixa de som, posicionada lateralmente a sala móvel, emitiu um ruído branco – ruído utilizado para mascarar tons senoidais, como aqueles produzidos pelo movimento da sala móvel, em todas as frequências igualmente e de forma linear – a fim de minimizar qualquer barulho ou som emitido dentro da área de coleta e pelo próprio movimento da sala, fornecendo assim, um ambiente acústico similar a todos os participantes.

Por fim, todos os equipamentos utilizados na situação experimental foram sincronizados e a frequência de aquisição de dados dos equipamentos (plataforma de força, sistema magnético de analise de movimento e o equipamento de rastreamento dos movimentos dos olhos – Eye Tracker) foi de 60 Hz. Esta frequência de aquisição de dados foi delimitada pela frequência de aquisição máxima (60 Hz) do sistema de rastreamento do olhar para fins de sincronização dos dados de todos os equipamentos. A frequência de aquisição e a duração das tentativas estão de acordo com a literatura, não influenciando nas analises realizadas. Segundo Duarte (DUARTE; FREITAS, 2010), frequências de aquisição de dados acima de 20 Hz, apesar de apresentarem ruídos, são suficientes para investigar a postura quieta. Além disso, a duração ideal para a coleta é de 60 segundos, uma vez que, durações menores podem ocasionar conclusões erradas e uma grande variabilidade do sinal, em contrapartida, durações maiores podem ocasionar fadiga nos

sujeitos. A Figura 2 demonstra um esquema da situação experimental do estudo com a distribuição dos equipamentos na área de coleta.

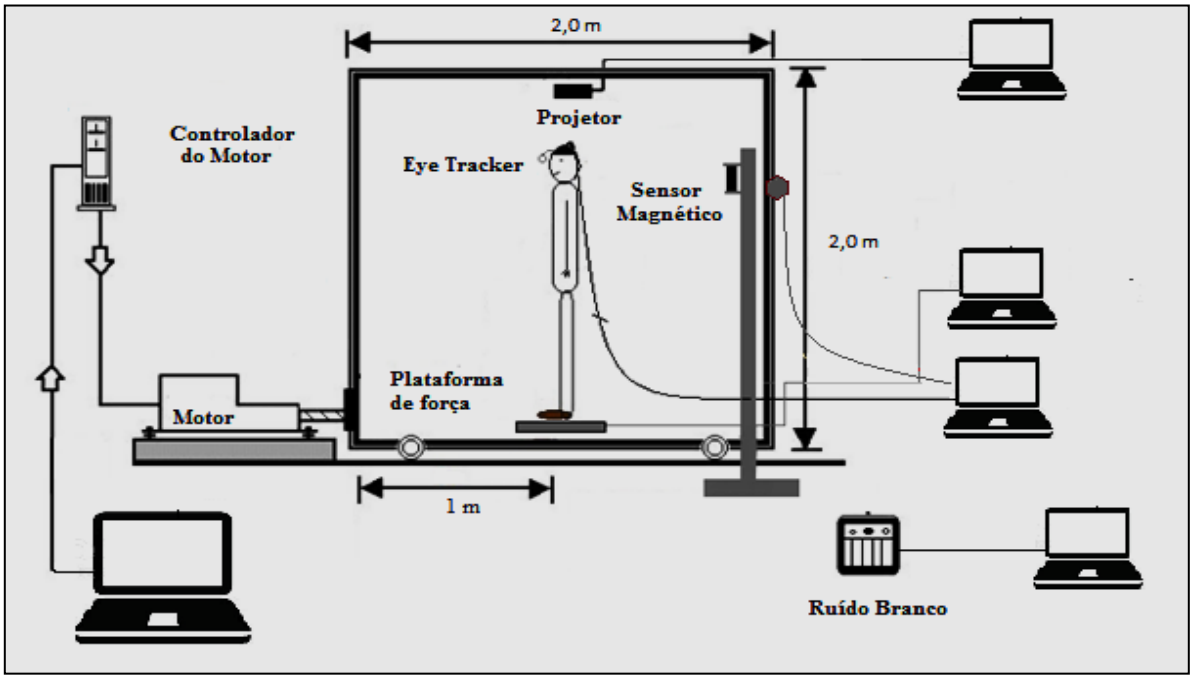



**Figura 2.** Esquema da distribuição e disposição dos equipamentos na área de coleta.

### 4.4 Condições experimentais: Tarefas visuais e movimento da sala

Após a calibração dos equipamentos, os participantes realizaram oito tentativas, sendo desempenhada apenas a respectiva tarefa visual estabelecida para o determinado grupo. O GFIX fixou o olhar em um alvo estacionário projetado no centro da parede frontal da sala móvel durante todas as tentativas (A); o GMSI realizou movimentos sacádicos horizontais direcionados a um alvo, que apareceu no centro da projeção à direita e no centro da projeção à esquerda, aleatoriamente (B) e, por fim, o grupo GMSI-M realizou movimentos sacádicos horizontais direcionados a um alvo, que apareceu no centro da projeção à direita e no centro da projeção à esquerda, aleatoriamente, somado a uma tarefa de memória que consistiu em memorizar quantas vezes determinado número (por exemplo, o número 6), apareceu no centro do alvo (C). Para este grupo, no final de cada tentativa, o participante foi questionado quantas vezes o número solicitado apareceu no centro do alvo. Os resultados referentes a esta tarefa foram anotados em ficha de coleta para posterior contabilização dos erros e acertos.

Para o GFIX, o alvo foi um círculo branco no centro da tela de projeção. Para os grupos GMSI e GMSI-M, o alvo foi um círculo ou um “X” de cor branca ou preta. Esta distinção nas

cores foi necessária para manter contraste similar entre os alvos tendo em vista que a sala móvel se divide em listras brancas e pretas. Ainda, a letra “X” foi utilizada para demarcar que o participante deveria retornar ao centro da tela, sem antecipar, após a realização do movimento sacádico, seja para a direita ou para a esquerda, visto que o local de retorno do alvo era previamente conhecido pelo indivíduo. Este procedimento teve como intuito, facilitar o entendimento e cumprimento adequado da tarefa visual.

Todos os estímulos utilizados nas condições visuais (tanto o “X” quanto o círculo) mantiveram dimensões de 3 cm, com aproximadamente, 1,71 graus de diâmetro. Estes parâmetros foram adotados para que o alvo permanecesse dentro da fóvea durante toda a tarefa. Ainda, para o grupo GMSI-M, apareceram números dentro dos círculos (alvos), apresentados na cor branca, com o fundo preto, e foram referentes à tarefa de memória do estudo a ser realizada por este grupo. A Figura 3 ilustra as tarefas visuais do estudo.

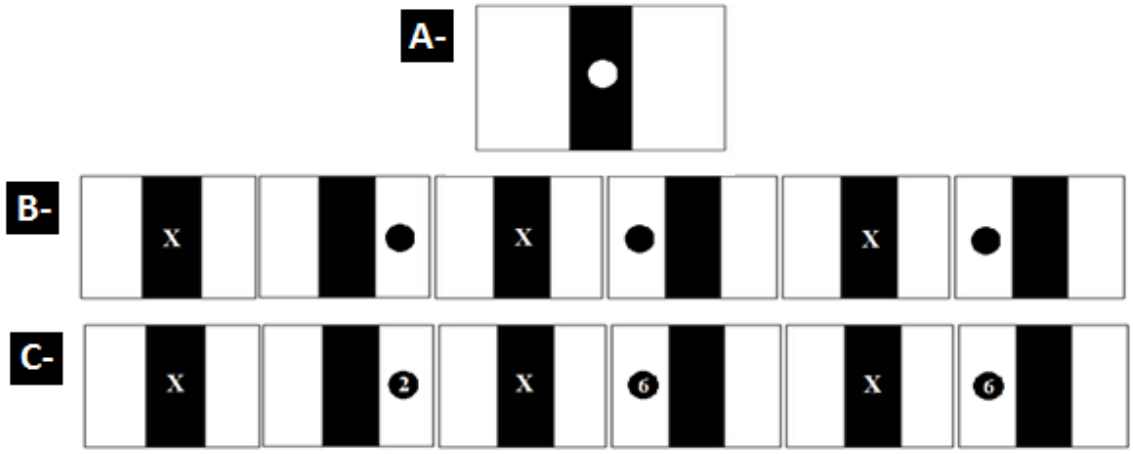



**Figura 3.** Figura ilustrativa dos alvos das tarefas visuais durante uma sequência de movimentos dos olhos, sendo: A-) Alvo estacionário - Grupo Fixação (GFIX); B-) Alvo imprevisível - Grupo Movimento Sacádicos horizontais Imprevisíveis (GMSI) e, C-) Alvo imprevisível com tarefa de memória - Grupo Movimento Sacádicos horizontais Imprevisíveis com tarefa de Memória (GMSI-M).

Para o GMSI e GMSI-M, o aparecimento do alvo foi realizado em uma frequência de 1,1 Hz. Basicamente, o alvo foi apresentado no centro e desapareceu, aparecendo imediatamente ora à direita, ora à esquerda do participante que posicionou o olho na localização do alvo somente no momento de seu aparecimento, sem realizar movimentos bruscos do corpo ou da cabeça. Os números permaneceram disponíveis dentro dos estímulos visuais durante 0,9 segundos. Foi solicitado ao participante que não antecipasse o retorno dos olhos ao centro, uma vez que esta localização era conhecida previamente, mantendo a frequência estabelecida pelo aparecimento do

alvo. O ângulo visual de localização do alvo foi de, aproximadamente, 11,5 graus. Este ângulo requer apenas os movimentos dos olhos, sem necessidade de movimento da cabeça. Portanto, a escolha deste ângulo está de acordo com outros estudos e teve como intuito minimizar qualquer movimento da cabeça para acomodação dos olhos durante a tarefa visual (RODRIGUES et al., 2013, 2015).

Por fim, todos os participantes foram submetidos à movimentação da sala móvel, nas seguintes condições: na primeira tentativa, a sala permaneceu estacionária. Nas três tentativas seguintes (2, 3 e 4), denominadas como pré-mudança, a sala foi movimentada em uma amplitude de 0.6 cm e frequência de 0.2 Hz, sendo essa escolha baseada na literatura que evidenciou que nessa amplitude, os indivíduos não conseguem perceber "conscientemente" o movimento da sala (FREITAS JUNIOR; BARELA, 2004). Na quinta tentativa, denominada como a tentativa de mudança, a sala foi movimentada em uma amplitude de 3.5 cm e frequência de 0.2 Hz, fornecendo uma informação implícita ao participante sobre a movimentação da sala móvel (GENOVES et al., 2016; POLASTRI et al., 2012). Nas demais três tentativas (6, 7, 8), denominadas como pós-mudança, a sala foi movimentada novamente em uma amplitude de 0.6 cm, com frequência de 0.2 Hz, ou seja, com os mesmos parâmetros das tentativas de pré-mudança. O fluxograma a seguir apresenta os procedimentos experimentais referentes ao movimento da sala móvel.

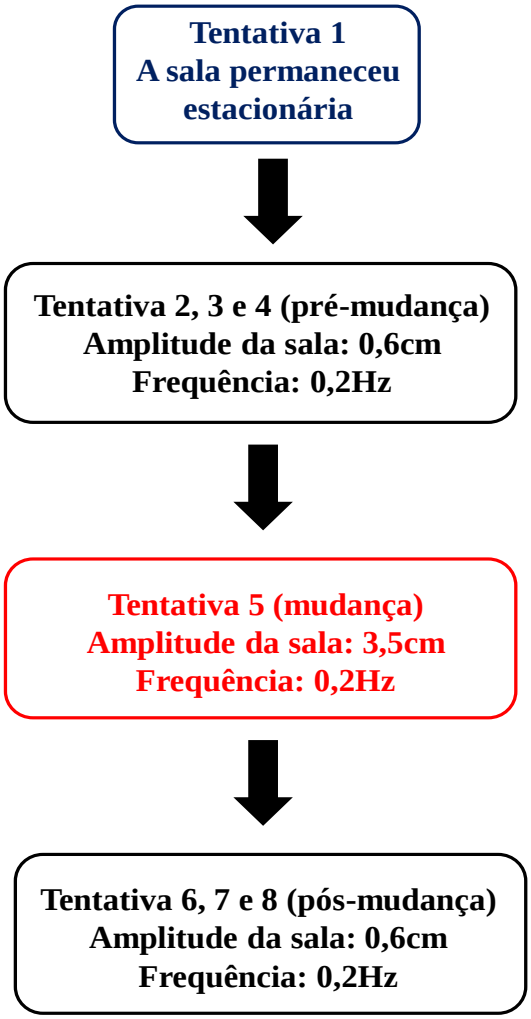



**Figura 4.** Fluxograma com a ordem de realização das tentativas e as respectivas amplitudes e frequência de movimentação da sala móvel.

O participante foi instruído a permanecer em pé o mais parado possível sem realizar movimentos bruscos com o corpo ou a cabeça enquanto realizava a tarefa visual. Não foi fornecida qualquer informação verbal (explícita) sobre o movimento da sala durante toda a coleta de dados. Cada tentativa teve duração de 75 segundos, sendo que a cada três tentativas, um descanso com duração de 1 minuto foi realizado com o intuito de evitar fadiga ou cansaço durante a realização das tarefas. Um experimentador permaneceu posicionado atrás do participante o tempo todo, assegurando sua integridade no caso de possíveis desequilíbrios.

# 5. TRATAMENTO DOS DADOS

Após a coleta, os dados oriundos da plataforma de força, do sensor magnético de analise de movimento (posicionado lateralmente a sala) e do sistema de rastreamento dos olhos, foram armazenados em HDs externos e computadores para as análises. Além disso, os dados provenientes do equipamento de rastreamento dos olhos foram tratados em programa específico (ASL Results Plus).

Posteriormente, os dados adquiridos foram tratados e analisados pelo software Matlab (2018). Os dados provenientes do sensor da sala móvel e da plataforma de força foram filtrados por um filtro Butterworth, passa baixa de 4ª ordem e frequência de corte de 4 Hz. Os dados brutos da plataforma (as três forças e os três momentos de força) foram filtrados por um filtro Butterworth passa baixa de 4º ordem e frequência de 1,20Hz, para o cálculo da Entropia de Múltiplas Escalas.

O software VirtualDub foi utilizado para analise dos vídeos provenientes da cena visual e, por meio do mesmo foi extraído o quadro (*frame)* de início da tarefa visual, no momento do aparecimento do alvo. Por meio deste número de quadro inicial foram sincronizados os dados da plataforma de força, o deslocamento da sala móvel e início da tarefa visual. No total, foram analisados 60 segundos da sala móvel sendo excluídos o primeiro e último ciclo de movimento da sala em função da sincronização com o aparecimento do alvo. Estes procedimentos foram adotados com o objetivo de analisar todos os dados, concomitante a realização das tarefas visuais.

## 5.1 Deslocamento do COP

A partir do deslocamento do COP, foi calculada a variável dependente Amplitude Média de deslocamento do COP (AM) – desvio padrão da posição inicial da tentativa, nos eixos ântero-posterior (AP) e médio lateral (ML) para todas as tentativas (com e sem movimento da sala).

A partir dos dados brutos da plataforma, foi calculada a Entropia de Múltiplas Escalas - um método de entropia não-linear que avalia a aleatoriedade ou previsibilidade das flutuações do COP, calculada a partir do Índice de Complexidade (Ci) (Equação 1), que corresponde à área sob a curva da entropia da amostra (SE) versus escala de tempo:

$$C_I = \sum_{i=1}^{N} S_E\,(i)$$

onde SE é o valor de SE na escala de tempo i e N é o número total de escalas de tempo (n = 19) usado para a análise. A Entropia de Múltiplas Escalas foi utilizada para quantificar a complexidade geral do sistema postural ao longo do tempo (BUSA; VAN EMMERIK, 2016; GOW et al., 2015), na qual uma baixa entropia indica um sinal mais regular e um comportamento menos complexo, enquanto uma alta entropia indica um sinal mais irregular e uma maior complexidade e adaptabilidade do sistema. Para mais detalhes sobre a análise de Entropia de Múltiplas Escalas, ver o estudo de Gow e colaboradores (GOW et al., 2015).

## 5.2 Acoplamento do Sistema de Controle Postural

A fim de analisar o acoplamento entre informação visual e oscilação corporal durante a realização das tarefas visuais, para as tentativas nas quais a sala foi movimentada, uma análise de *Frequency-Response Function (*FRF) foi realizada. Está função constituiu em dividir as transformações de Fourier da trajetória do COP pelas transformações de Fourier da trajetória do da sala móvel na mesma frequência deste estímulo, gerando uma função de valores complexos para cada tentativa, sendo que, esta análise foi computada ciclo a ciclo dos estímulos.

A partir disto, foram calculadas, na frequência da sala móvel (0,2 Hz), as seguintes variáveis: 1-) Ganho – obtido por meio do valor absoluto dos valores complexos (FRF). Esta variável indica o acoplamento entre o estímulo visual (sala móvel) e a amplitude de deslocamento do COP, na direção AP (direção de movimento da sala). Valores de ganho próximos a 1 significam que a amplitude do deslocamento do COP foi igual à amplitude do movimento da sala. 2-) Fase – obtido por meio do “argumento” destes valores complexos (FRF), no qual, foram convertidos de radianos para graus. Esta variável indica o relacionamento temporal entre o estímulo visual (sala) e o deslocamento do COP. Valores positivos significam que a oscilação esteve à frente do movimento da sala, em contrapartida, valores negativos significam que a oscilação corporal apresentou um atraso em relação ao movimento da sala; 3 -) Variabilidade de posição e 4 -) Variabilidade de velocidade: para o calculo destas variáveis, a posição média dos valores de deslocamento do COP foi subtraída de cada sinal da respectiva tentativa, desta forma,

as mesmas foram calculadas obtendo-se o desvio padrão da trajetória do COP, após a remoção da oscilação correspondente à frequência da sala móvel, constituindo assim a trajetória residual. Estas variáveis indicaram a amplitude e a velocidade de deslocamento do COP (variabilidade de oscilação) em frequências diferentes da sala móvel – 0,2 Hz.

### 5.3 Comportamento do olhar

Os dados referentes aos movimentos dos olhos registrados pelo Eye Tracker foram transferidos para um computador com o software de análise ASL Results Plus (ASL, versão 1.8.2.18) para determinar as Áreas de Interesse (AOIs). AOIs são regiões bidimensionais (2-D) definidas no plano de visualização do sujeito, que permite o cálculo do comportamento do olhar (ex.: número e duração das fixações) nas partes mais relevantes da cena visual. Para o presente experimento foram definidas 9 AOIs (Figura 9) de acordo com sua relevância para a tarefa proposta. A Figura 5 demonstra as AOIs definidas na projeção do estímulo para todos os grupos.

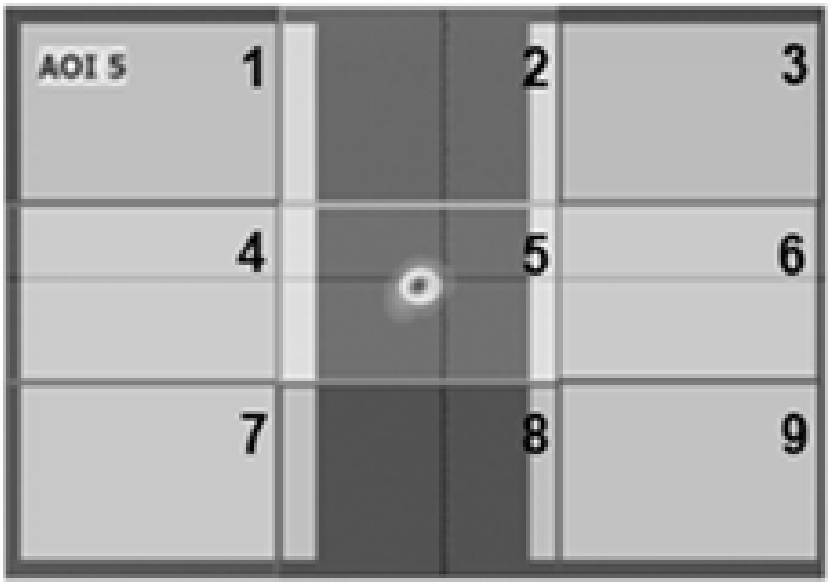



**Figura 5.** Área de projeção visualizada pelo indivíduo separada em 9 áreas de interesse (AOIs).

Em seguida foram calculadas as seguintes variáveis referentes aos movimentos dos olhos: 1-) Número de fixações (FixNum) - número das ocorrências de início/término de fixações em cada tentativa; 2-) Duração Média das fixações (FixDura) - intervalo de tempo médio entre início e o término de cada fixação; 3-) Variabilidade da Duração Média das Fixações (DuraStd) - desvio padrão da duração média das fixações ocorridas; 4-) Tempo de reação visual (TemRec), intervalo de tempo entre o início do movimento do alvo e a primeira fixação realizada no estímulo (i.e.

alvo) pelo participante, sendo está última calculada apenas para o GMSI e GMSI-M, visto que são tarefas que envolvem movimentos dos olhos guiados por um alvo.

As tentativas de movimento da sala móvel foram agrupadas da seguinte maneira: 1) pré-mudança – média das três primeiras tentativas de baixa amplitude da sala móvel (0,6 cm); 2) mudança – tentativa de alta amplitude da sala móvel (3,5 cm) e 3) pós-mudança – média das três últimas tentativas de baixa amplitude da sala móvel (0,6 cm).

## 6. ANÁLISE ESTATÍSTICA

A fim de verificar possíveis diferenças entre os grupos, quando a sala permaneceu parada, foi realizada uma ANOVA (one-way) tendo como fator os três grupos (GFIX, GMSI e GMSI-M). Para verificar possíveis diferenças de grupo durante as alterações de amplitude da sala foram realizadas ANOVAs com medidas repetidas tendo como fator os três grupos (GFIX, GMSI e GMSI-M) e os 3 conjuntos de parâmetros da sala móvel (pré-mudança, mudança, pós-mudança) sendo o último fator considerado como medida repetida As variáveis dependentes foram a amplitude média e a Entropia de Múltiplas Escalas, nos eixos AP e ML.

A fim de verificar possíveis diferenças no comportamento adaptativo de adultos jovens frente à variação nas demandas atencionais das tarefas visuais e à variação dos parâmetros de amplitude de movimento da sala foram realizadas duas MANOVAs (3 x 3) tendo como fatores os três grupos (GFIX, GMSI e GMSI-M) e os 3 conjuntos de parâmetros da sala móvel (pré-mudança, mudança, pós-mudança) sendo o último fator considerado como medida repetida. As variáveis dependentes destas análises foram: ganho e fase para a primeira MANOVA e variabilidade de posição e de velocidade para a segunda MANOVA.

A fim de verificar possíveis diferenças no comportamento do olhar e desempenho da tarefa visual de adultos jovens frente à variação dos parâmetros de amplitude de movimento da sala foram realizadas três ANOVAs (3 x 3) tendo como fatores os três grupos (GFIX, GMSI e GMSI-M) e os 3 conjuntos de parâmetros da sala móvel (pré-mudança, mudança, pós-mudança) sendo o último fator considerado como medida repetida. As variáveis dependentes destas análises foram: número de fixação, duração média das fixações e variabilidade da duração média das fixações.

Por fim, para verificar o comportamento do olhar durante a realização das tarefas envolvendo movimentos sacádicos dos olhos, frente ás alterações nos parâmetros de amplitude de movimento da sala móvel foram realizadas duas ANOVAs (2 x 3) tendo como fatores os dois grupos (GMSI e GMSI-M) e os 3 conjuntos de parâmetros da sala móvel (pré-mudança, mudança, pós-mudança) sendo o último fator considerado como medida repetida. A variável dependente desta análise foi o Tempo de reação visual entre o movimento dos olhos e o alvo.

Análises de *post hoc* com ajustes de Bonferroni foram realizadas quando necessário. O α adotado para todas as análises foi de 0,05 e o software utilizado foi o Statistical Package for the Social Science (SPSS, 17.0).

## 7. RESULTADOS

### 7.1 Deslocamento do COP

#### *7.1.1 Amplitude Média do COP*

De maneira geral, as analises realizadas encontraram diferenças entre as condições de alteração da amplitude da sala e de grupo quando a sala permaneceu parada. Contudo, quando a sala foi movimentada foram encontradas diferenças somente para as condições de alteração da amplitude da sala.

A Figura 6 apresenta os resultados da amplitude média de oscilação nas direções AP e ML para todos os grupos do estudo (GFIX, GMSI e GMSI-M) quando a sala permaneceu estacionária.

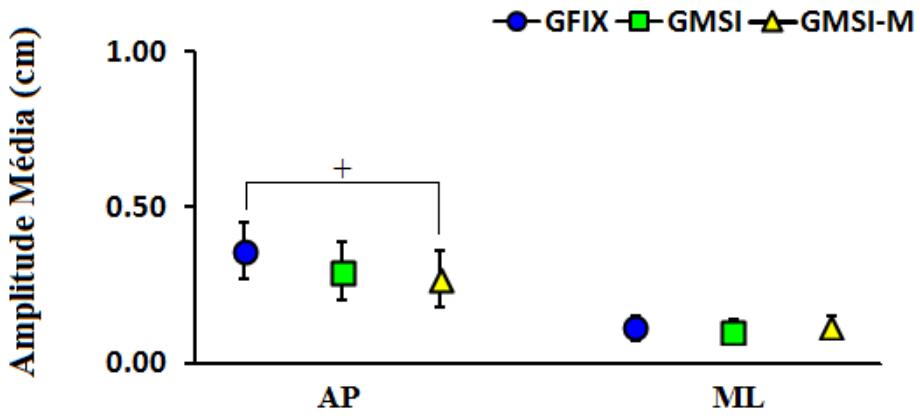



**Figura 6.** Média e desvios-padrão da amplitude Média do COP, nas direções ântero-posterior (AP) e médio lateral (ML) para os três grupos (GFIX, GMSI e GMSI-M) quando a sala permaneceu estacionária. + Efeito principal de grupo.

A ANOVA indicou diferença de grupo para a Amplitude Média de oscilação na direção AP ($F_{2,42}$=4,648, p=0,015, η2=0,181). Testes de post hoc revelaram uma maior amplitude de oscilação para o GFIX comparado ao GMSI-M (p=0,016). Não foram encontradas diferenças entre os grupos para a direção ML ($F_{2,42}$=0,802, p=0,455, η2=0,037).

A Figura 7 apresenta os resultados da amplitude média de oscilação em dois gráficos (AP e ML) durante as condições de mudança da sala (pré-mudança, mudança e pós-mudança) para todos os grupos (GFIX, GMSI e GMSI-M).

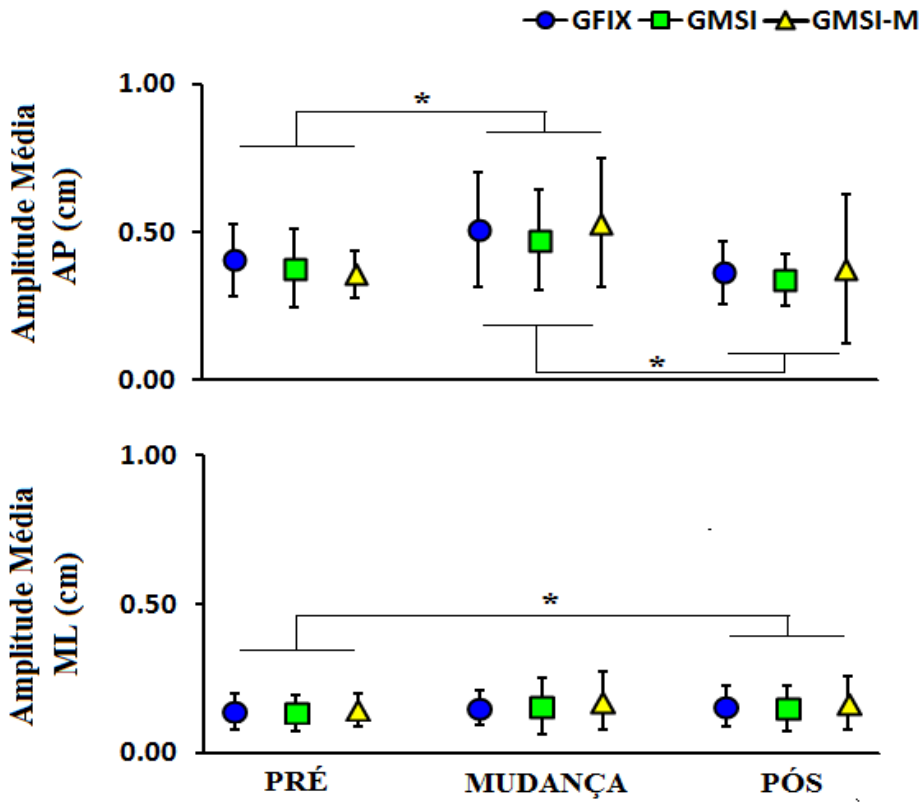



**Figura 7.** Média e desvios-padrão da amplitude Média do COP, nas direções ântero-posterior (AP) e médio lateral (ML) para os três grupos (GFIX, GMSI e GMSI-M) durante as condições de alteração da amplitude da sala (pré-mudança, mudança e pós-mudança). * Efeito principal de mudança de amplitude da sala.

As analises (ANOVAs) indicaram diferenças entre as condições de alteração de amplitude da sala para Amplitude Média de oscilação do COP na direção AP ($F_{2,84}$=16,871, p<0,0001, η2=0,287) e ML ($F_{2,84}$=3,581, p=0,036, η2=0,079). Testes de post hoc revelaram, na direção AP, uma maior amplitude de oscilação durante a condição de mudança comparada a condição de pré-mudança (p=0,001) e pós-mudança (p=0,001). Na direção ML, houve uma maior amplitude de

oscilação durante a condição de pré-mudança comparada a pós-mudança (p=0,044). Ainda, não foram encontradas diferenças entre os grupos para ambas as direções (AP – $F_{2,42}$=0,229, p=0,797, η2=0,011; ML - $F_{2,42}$=0,221, p=0,803, η2=0,010) ou interação grupo x condição de mudança da sala (AP - $F_{4,84}$=0,458, p=0,705, η2=0,021; ML - $F_{4,84}$=0,207, p=0,922, η2=0,010).

*7.1.2 Entropia de Múltiplas Escalas*

A Figura 8 apresenta os resultados da Entropia de Escalas Múltiplas nas direções AP e ML para todos os grupos do estudo (GFIX, GMSI e GMSI-M) quando a sala permaneceu estacionária.

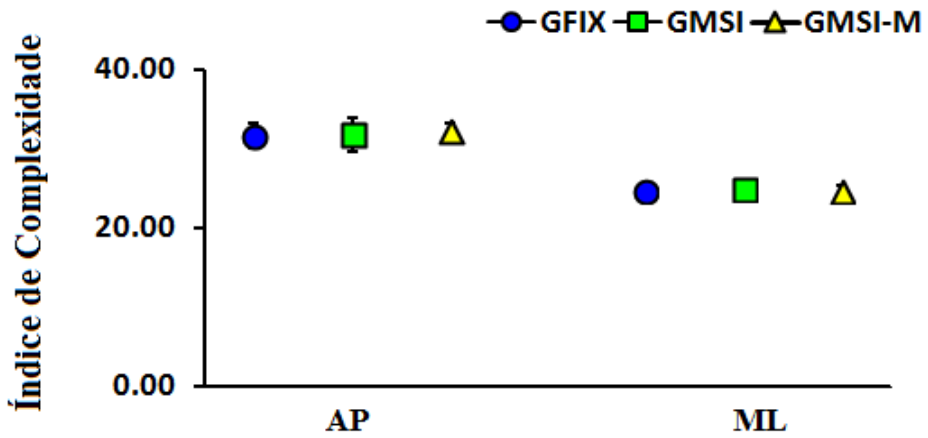



**Figura 8.** Média e desvios-padrão da Entropia de Múltiplas Escalas, nas direções ântero-posterior (AP) e médio lateral (ML) para os três grupos (GFIX, GMSI e GMSI-M) quando a sala permaneceu estacionária.

A ANOVA não indicou diferença de grupo para a Entropia de Escalas Múltiplas na direção AP ($F_{2,42}$=0,464, p=0,632, η2=0,022) e ML ($F_{2,42}$=0,286, p=0,753, η2=0,013).

A Figura 9 apresenta os resultados da Entropia de Múltiplas Escalas em dois gráficos (AP e ML) durante as condições de mudança da sala (pré-mudança, mudança e pós-mudança) para todos os grupos (GFIX, GMSI e GMSI-M).

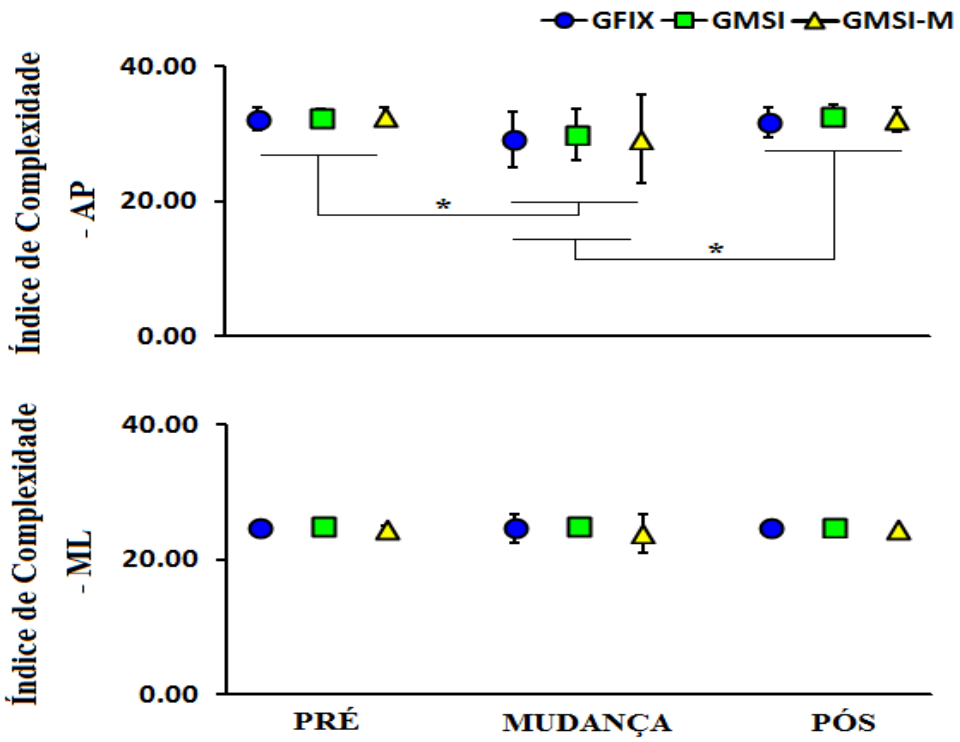



**Figura 9.** Média e desvios-padrão da Entropia de Múltiplas Escalas, nas direções ântero-posterior (AP) e médio lateral (ML) para os três grupos (GFIX, GMSI e GMSI-M) durante as condições de alteração da amplitude da sala (pré-mudança, mudança e pós-mudança). * Efeito principal de mudança de amplitude da sala.

As analises indicaram diferenças entre as condições de alteração de amplitude da sala para o índice de complexidade na direção AP ($F_{2.84}$=13,593, p<0,0001, η2=0.245), mas não para ML ($F_{2.84}$=0,380, p=0,561, η2=0,009). Testes de post hoc revelaram um menor índice de complexidade durante a condição de mudança comparada a condição de pré-mudança (p=0,002) e pós-mudança (p=0,001). Não foram encontradas diferenças entre os grupos para ambas as direções (AP – $F_{2,42}$=0,287, p=0,752, η2=0,013; ML - $F_{2,42}$=1,207, p=0,309, η2=0,054) ou interação grupo x condição de mudança da sala (AP - $F_{4,84}$=0,146, p=0,894, η2=0,007; ML - $F_{4,84}$=0,699, p=0,515, η2=0,032).

### 7.2 Acoplamento entre os movimentos da sala e oscilação corporal

As Figuras 10, 11 e 12 apresentam o comportamento da oscilação corporal (vermelho) e a movimentação da sala (azul) de um participante de cada grupo (GFIX, GMSI e GMSI-M) durante as três condições de alteração de amplitude da sala (pré-mudança, mudança e pós-mudança).

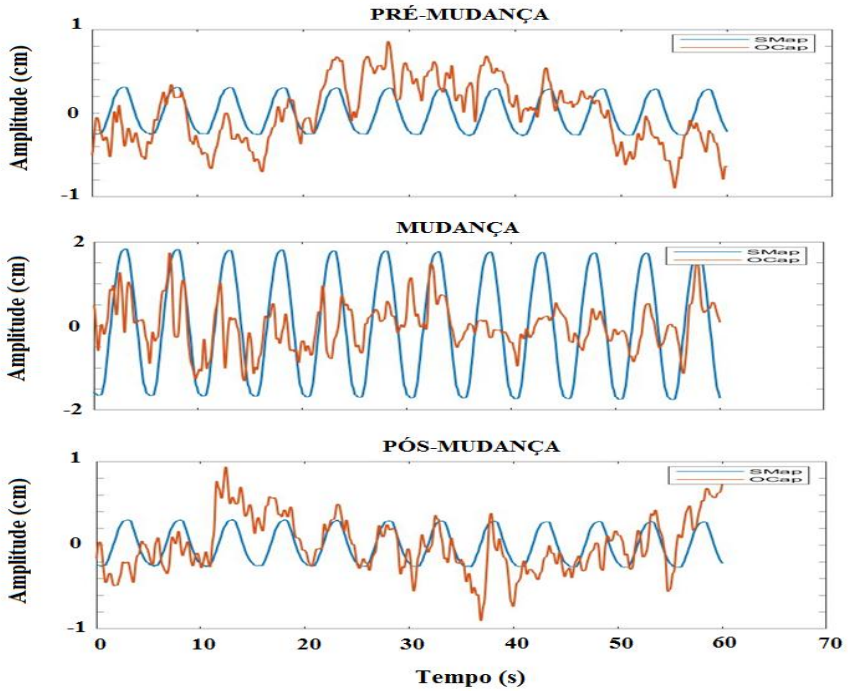



**Figura 10.** Exemplos da movimentação da sala e oscilação corporal de um adulto jovem do GFIX, na direção ântero-posterior (AP) durante as condições de alteração de amplitude da sala (pré-mudança, mudança e pós-mudança). Nota: A linha azul corresponde ao movimento da sala (SMap) e linha vermelha à oscilação corporal (OCap).

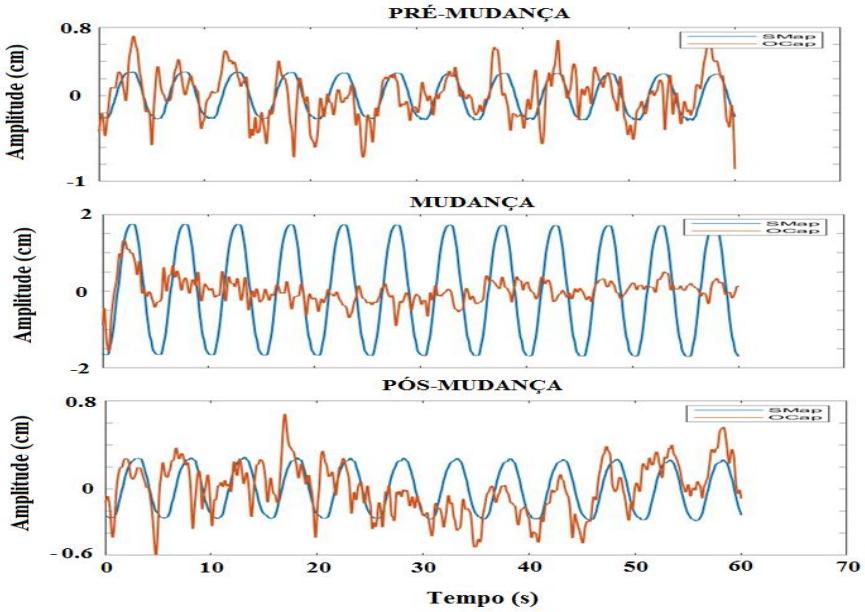



**Figura 11.** Exemplos da movimentação da sala e oscilação corporal de um adulto jovem do GMSI, na direção ântero-posterior (AP) durante as condições de alteração de amplitude da sala (pré-mudança, mudança, pós-mudança). Nota: A linha azul corresponde ao movimento da sala (SMap) e linha vermelha à oscilação corporal (OCap).

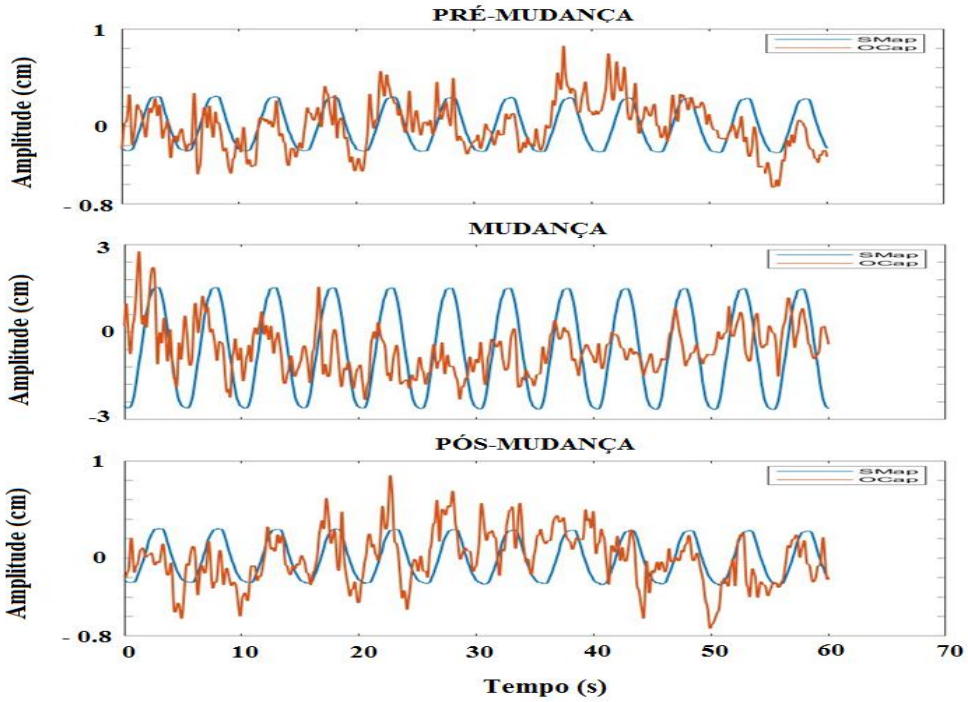



**Figura 12.** Exemplos da movimentação da sala e oscilação corporal de um adulto jovem do GMSI-M, na direção ântero-posterior (AP) durante as condições de alteração de amplitude da sala (pré-mudança, mudança, pós-mudança). Nota: A linha azul corresponde ao movimento da sala (SMap) e linha vermelha à oscilação corporal (OCap).

De modo geral, estes gráficos mostram que independentemente do grupo do estudo e sua respectiva tarefa visual, os adultos jovens tiveram sua oscilação corporal influenciada pelo movimento da sala em todas as condições experimentais, com essa influência diminuindo durante a condição de mudança (momento em que a informação implícita e fornecida ao sujeito). A seguir serão apresentados os resultados referentes ao acoplamento entre informação visual (sala) e o deslocamento do COP, por meio das variáveis: Ganho, Fase, Variabilidade de Posição e Variabilidade de Velocidade.

### *7.2.1 Ganho e Fase*

A Figura 13 apresenta os resultados de Ganho e Fase durante as condições de mudança da amplitude da sala (pré-mudança, mudança e pós-mudança) para todos os grupos (GFIX, GMSI e GMSI-M).

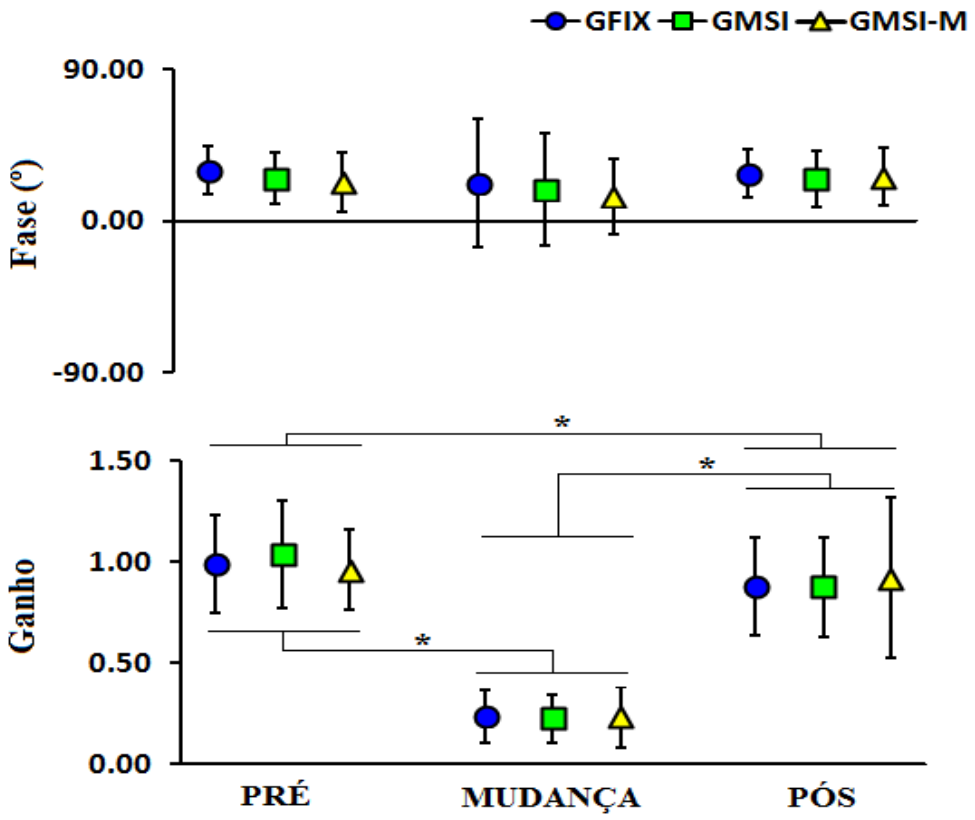



**Figura 13.** Média e desvios-padrão do Ganho e da Fase para os três grupos (GFIX, GMSI e GMSI-M) durante as condições de alteração da amplitude da sala (pré-mudança, mudança e pós-mudança). * Efeito principal de mudança de amplitude da sala.

As analises multivariadas (MANOVAs) indicaram diferenças entre as condições de alteração de amplitude da sala para o Ganho ($F_{2,84}$=238,521, p<0,0001, η2=0,850), mas não para Fase ($F_{2,84}$=2,241, p=0,135, η2=0,051). Testes de post hoc revelaram um menor Ganho durante a condição de mudança comparado a pré-mudança (p<0,0001) e pós-mudança (p<0,0001) e pós-mudança comparado a pré-mudança (p<0,003). Não foram encontradas diferenças entre os grupos para ambas as variáveis (Ganho – $F_{2,42}$=0,012, p=0,989, η2=0,0013; Fase - $F_{2,42}$=0,581, p=0,564, η2=0,027) ou interação grupo x condição de mudança da amplitude da sala (Ganho - $F_{4,84}$=0,519, p=0,677, η2=0,024; Fase - $F_{4,84}$=0,124, p=0,922, η2=0,006).

*7.2.2 Variabilidade de Posição e Velocidade*

A Figura 14 apresenta os resultados da Variabilidade de Posição e Variabilidade de Velocidade durante as condições de mudança da amplitude da sala (pré-mudança, mudança e pós-mudança) para todos os grupos (GFIX, GMSI e GMSI-M).

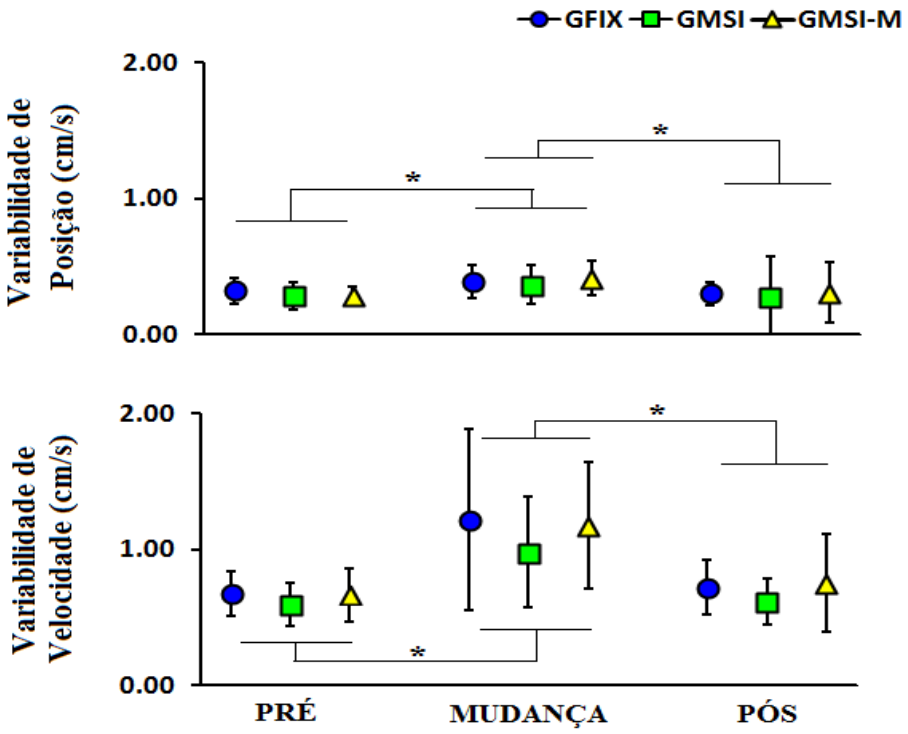



**Figura 14.** Média e desvios-padrão da Variabilidade de Posição e da Variabilidade de Velocidade para os três grupos (GFIX, GMSI e GMSI-M) durante as condições de alteração da amplitude da sala (pré-mudança, mudança e pós-mudança). * Efeito principal de mudança de amplitude da sala.

As MANOVAs indicaram diferenças entre as condições de alteração de amplitude da sala para Variabilidade de Posição ($F_{2,84}$=17,598, p<0,0001, η2=0,295) e para Variabilidade de Velocidade ($F_{2,84}$=40,612, p<0,0001, η2=0,492). Testes de post hoc revelaram uma maior Variabilidade de Posição e de Velocidade durante a condição de mudança comparada a pré-mudança (p<0,0001) e pós-mudança (p=0,001). Não foram encontradas diferenças entre os grupos para ambas as variáveis (Variabilidade de Posição – $F_{2,42}$=0,399, p=0,674, η2=0,019; Variabilidade de Velocidade - $F_{2,42}$=0,012, p=1,357, η2=0,061) ou interação grupo x condição de mudança da amplitude da sala (Variabilidade de Posição – $F_{4,84}$=0,565, p=0,639, η2=0,026; Variabilidade de Velocidade - $F_{4,84}$=0,413, p=0,692, η2=0,019).

### 7.3 Comportamento do olhar

A seguir serão apresentadas duas tabelas. A primeira (Tabela 2) apresenta o número médio das fixações realizadas em cada AOI, a segunda (Tabela 3) apresenta a duração média das fixações em cada AOI. O procedimento de criação de AOIs foi adotado para de fornecer uma

melhor descrição do comportamento do olhar dos diferentes grupos (GFIX, GMSI e GMSI-M) durante as condições de mudança de amplitude da sala (pré-mudança, mudança e pós-mudança).

**Tabela 2.** Média do Número de Fixações realizados nas 9 áreas de interesse (AOIs) durante as condições de alteração da amplitude da sala (pré-mudança, mudança e pós-mudança) para todos os grupos (GFIX, GMSI e GMSI-M).

| **Grupos** | **Condições da Sala** | **Áreas de Interesse** | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | **AOI1** | **AOI2** | **AOI3** | **AOI4** | **AOI5** | **AOI6** | **AOI7** | **AOI8** | **AOI9** |
| **GFIX** | ***pré-mudança*** | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) | 55,5 (100%) | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) |
| | ***mudança*** | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) | 00 (0,0%) | 53,2 (100%) | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) |
| | ***pós-mudança*** | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) | 56,5 (100%) | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) |
| **GMSI** | ***pré-mudança*** | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) | 24,8 (20,9%) | 66,7 (56,2%) | 27,1 (22,8%) | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) |
| | ***mudança*** | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) | 24,4 (20,7%) | 66,9 (56,8%) | 26,3 (22,3%) | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) |
| | ***pós-mudança*** | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) | 25,6 (22,0%) | 65,2 (56,0%) | 25,5 (21,9%) | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) |
| **GMSI-M** | ***pré-mudança*** | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) | 24,5 (20,3%) | 68,0 (56,4%) | 27,9 (23,1%) | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) |
| | ***mudança*** | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) | 23,7 (20,3%) | 66,7 (57,3%) | 25,9 (22,2%) | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) |
| | ***pós-mudança*** | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) | 24,6 (20,5%) | 68,0 (56,8%) | 27,0 (22,5%) | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) |

**Tabela 3.** Duração Média das Fixações realizadas nas 9 áreas de interesse (AOIs) durante as condições de alteração da amplitude da sala (pré-mudança, mudança e pós-mudança) para todos os grupos (GFIX, GMSI e GMSI-M).

| **Grupos** | **Condições da Sala** | **Áreas de Interesse** | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | **AOI1** | **AOI2** | **AOI3** | **AOI4** | **AOI5** | **AOI6** | **AOI7** | **AOI8** | **AOI9** |
| **GFIX** | ***pré-mudança*** | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) | 1,09 (100%) | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) |
| | ***mudança*** | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) | 1,16 (100%) | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) |
| | ***pós-mudança*** | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) | 0,99 (100%) | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) |
| **GMSI** | ***pré-mudança*** | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) | 0,42 (30,65%) | 0,49 (35,8%) | 0,46 (33,6%) | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) |
| | ***mudança*** | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) | 0,44 (32,4%) | 0,48 (35,3%) | 0,44 (32,3%) | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) |
| | ***pós-mudança*** | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) | 0,43 (30,9%) | 0,49 (35,2%) | 0,47 (33,8%) | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) |
| **GMSI-M** | ***pré-mudança*** | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) | 0,41 (32,8%) | 0,44 (35,2%) | 0,40 (32%) | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) |
| | ***mudança*** | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) | 0,40 (32,2%) | 0,44 (35,5%) | 0,40 (32,2%) | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) |
| | ***pós-mudança*** | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) | 0,41 (33%) | 0,43 (34,7%) | 0,40 (32,3%) | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) |

Para o GFIX, os resultados mostraram que 100% do número de fixações e suas respectivas durações médias foram realizadas na 5º AOI, que está localizada no centro da área de projeção e local no qual o alvo permanece estático durante toda a tentativa. Para o GMSI e GMSI-M, os resultados mostraram que o maior número de fixações ocorreu nas 4ª, 5ª e 6ª AOIs, locais correspondestes ao aparecimento do alvo na área de projeção. De modo geral, estes resultados indicam que o sujeito realizou de maneira adequada a tarefa proposta pelo experimentador.

*7.3.1 Número de Fixações*

A Figura 15 apresenta os resultados do Número de fixação durante as condições de mudança da amplitude da sala (pré-mudança, mudança e pós-mudança) para todos os grupos (GFIX, GMSI e GMSI-M).

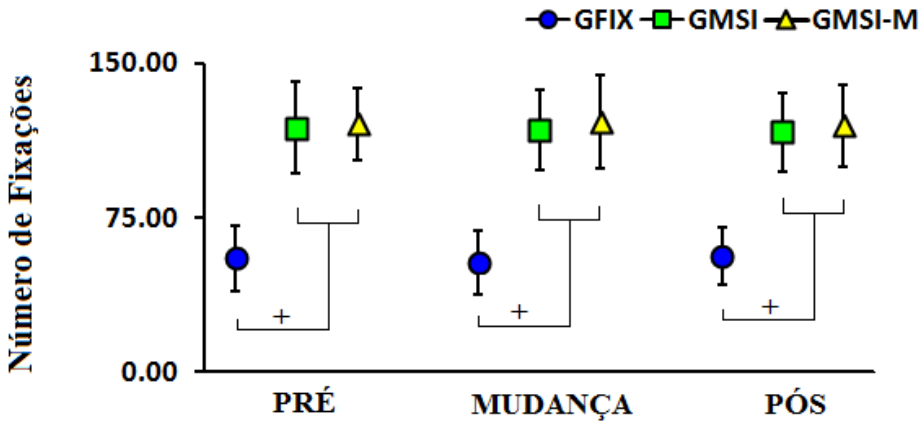



**Figura 15.** Média e desvios-padrão do Número de Fixações para os três grupos (GFIX, GMSI e GMSI-M) durante as condições de alteração da amplitude da sala (pré-mudança, mudança e pós-mudança). + Efeito principal de grupo.

As analises (ANOVAs) indicaram um efeito principal de grupo para o Número de Fixações ($F_{2,42}$=54,631, p<0,0001, η2=0,722;). Testes de post hoc revelaram um menor Número de Fixações para o GFIX comparado ao GMSI (p<0,0001) e GMSI-M (p<0,0001). Contudo, não foram encontradas diferenças entre as condições de mudança de amplitude da sala ($F_{2,84}$=0,022, p=0,960, η2=0,001) ou para interação grupo x condição de mudança da amplitude da sala ($F_{4,84}$=0,390, p=0,777, η2=0,018).

*7.3.2 Duração Média das Fixações e Variabilidade da Duração Média das Fixações.*

A Figura 16 apresenta os resultados da Duração Média das Fixações e da Variabilidade da Duração Média das Fixações durante as condições de mudança da amplitude da sala (pré-mudança, mudança e pós-mudança) para todos os grupos (GFIX, GMSI e GMSI-M).

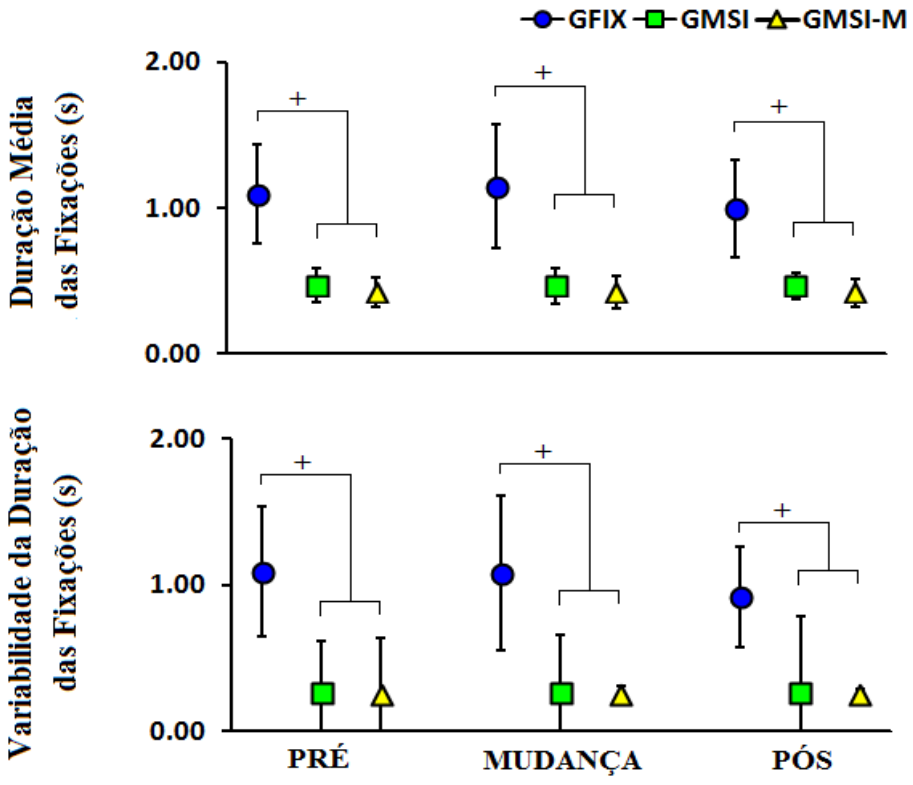



**Figura 16.** Média e desvios-padrão da Duração Média das Fixações e da Variabilidade da Duração Média das Fixações para os três grupos (GFIX, GMSI e GMSI-M) durante as condições de alteração da amplitude da sala (pré-mudança, mudança e pós-mudança). + Efeito principal de grupo.

As ANOVAs indicaram um efeito principal de grupo para a Duração Média das Fixações ($F_{2,42}$=46,272, p<0,0001, η2=0,722) e para a Variabilidade da Duração Média das Fixações ($F_{2,42}$=58,528, p<0,0001, η2=0,735). Testes de post hoc revelaram uma maior Duração Média das Fixações e uma maior Variabilidade da Duração Média das Fixações para o GFIX comparado ao GMSI (p<0,0001) e GMSI-M (p<0,0001). Não foram encontradas diferenças entre as condições de mudança de amplitude da sala (Duração Média das Fixações - $F_{2,84}$=2,424, p=0,096, η2=0,055; Variabilidade da Duração Média das Fixações - $F_{2,84}$=2,077, p=0,147, η2=0,047) ou para interação grupo x condição de mudança da amplitude da sala (Duração Média das Fixações -

$F_{4,84}$=2,305, p=0,066, η2=0,099; Variabilidade da Duração Média das Fixações - $F_{4,84}$=2,026, p=0,123, η2=0,088).

*7.3.3 Tempo de Reação Sacádico*

A Figura 17 apresenta os resultados do Tempo de Reação Sacádico durante as condições de mudança da amplitude da sala (pré-mudança, mudança e pós-mudança) para os grupos GMSI e GMSI-M.

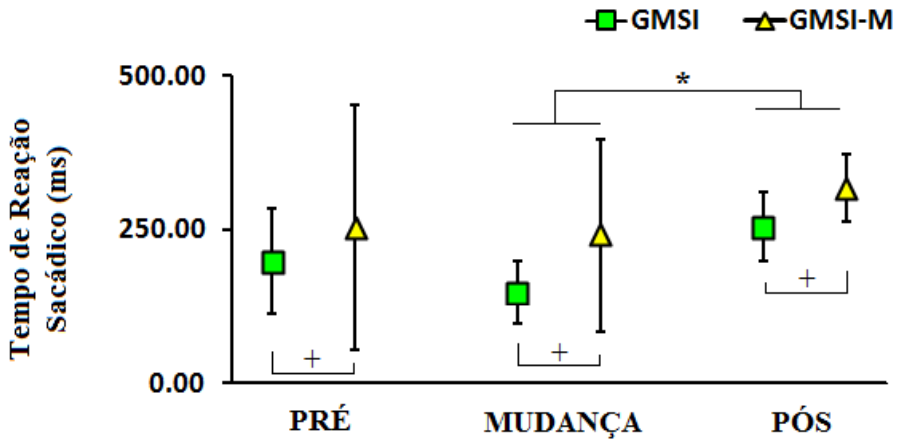



**Figura 17 –** Média e desvios-padrão do Tempo de Reação para os grupos GMSI e GMSI-M durante as condições de alteração da amplitude da sala (pré-mudança, mudança e pós-mudança). * Efeito principal de mudança de amplitude da sala; + Efeito principal de grupo.

As analises indicaram um efeito principal de condição de alteração de amplitude da sala ($F_{2,56}$=5,724, p=0,008, η2=0,170) e de grupo ($F_{1,28}$=6,528, p=0,016, η2=0,190). Testes de post hoc revelaram um maior Tempo de Reação para o GMSI-M comparado com o GMSI (p=0,016), ainda, um maior Tempo de Reação durante a condição de pós-mudança comparado a mudança (p=0,001) foi indicado. Não foi indicada interação grupo x condição de mudança da amplitude da sala ($F_{2,56}$=0,269, p=0,738, η2=0,010).

## 7.4 Desempenho na tarefa Concomitante

A seguir será apresentado na Tabela 4, o resultado de cada participante no desempenho da tarefa de memória realizada para o GMSI-M em todas as tentativas do estudo, sendo a letra A correspondente ao acerto da tarefa e a letra E ao erro da mesma.

**Tabela 4.** Desempenho de cada participante do GMSI-M em cada tentativa do estudo, sendo o A correspondente ao acerto e o E correspondente ao erro.

| Participante | Tentativas | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 | T7 | T8 |
| AAR | A | A | E | A | E | E | A | A |
| ANN | A | A | A | A | E | E | A | E |
| BSA | A | A | A | A | A | A | A | A |
| EAM | A | A | A | A | A | A | A | A |
| FSM | A | A | A | A | A | A | A | A |
| GCS | E | A | A | A | E | A | E | A |
| GOA | A | A | A | A | A | A | A | A |
| JTA | A | A | A | A | A | E | A | A |
| MAM | A | A | A | A | A | A | A | A |
| MCM | A | A | E | A | A | A | A | A |
| OMN | A | A | A | A | E | A | A | A |
| RJL | A | A | A | A | A | A | A | A |
| ROA | A | A | A | A | A | A | A | A |
| RRC | E | A | A | A | A | A | A | A |
| VLP | A | A | E | A | A | E | A | A |

Na tentativa em que a sala permaneceu parada, os participantes tiveram uma porcentagem de acerto de 86,7% e uma porcentagem de erro de 13,3%. Para as tentativas em que a sala foi movimentada, na condição de pré-mudança, houve uma porcentagem de acerto de 93,3% e de erro de 6,7%. Na condição de mudança, ocorreu uma porcentagem de 73,4% de acerto e 26,6% de erro. Enfim, para a condição de pós-mudança os participantes tiveram uma porcentagem de 86,6% de acerto e 13,4% de erro.

Sendo assim, estes resultados podem demonstrar que durante a condição de mudança de amplitude da sala móvel, a porcentagem de erros dos participantes aumentou em relação ás outras condições (pré-mudança e pós-mudança). Estes resultados podem indicar que durante esta condição, a demanda atencional aumentada pode ter deteriorado o desempenho na tarefa concomitante (tarefa que envolve a memorização de números).

## 8. DISCUSSÃO

O objetivo do presente estudo foi investigar o efeito das tarefas visuais com diferentes demandas atencionais nos processos adaptativos do sistema de controle postural e no comportamento do olhar de adultos jovens frente ao conhecimento implícito da alteração abrupta nos parâmetros de amplitude da sala móvel.

De modo geral, os resultados do deslocamento do COP indicaram uma diminuição da amplitude média, na direção AP, para o GMSI-M comparado ao GFIX, quando a sala estava parada. Ainda, foi encontrado uma menor amplitude média e uma maior Entropia, na direção AP, durante as condições de pré-mudança e pós-mudança comparado a mudança. Para os resultados do acoplamento entre os movimentos da sala e oscilação corporal, os resultados mostraram uma diminuição do ganho, da variabilidade de posição e de velocidade durante a condição de mudança da sala e diminuição do ganho na condição de pós-mudança comparado à pré-mudança, corroborando estudos anteriores com a tarefa de fixação do alvo.

Por fim, os resultados do olhar mostraram um maior número de fixações com menor duração média e variabilidade da duração das fixações para os GMSI e GMSI-M comparado a GFIX. Ainda, as análises indicaram um maior tempo de reação para o GMSI-M comparado ao GMSI e durante a condição de pós-mudança comparado à condição de mudança.

## 8.1 Deslocamento do COP

A partir das análises realizadas, os resultados mostraram que houve uma maior amplitude média de oscilação corporal para o GFIX comparado ao GMSI-M, quando a sala permaneceu estacionária, o que corrobora os estudos anteriores que mostraram redução das oscilações corporais durante tarefas visuais envolvendo movimentos sacádicos em comparação à tarefa de fixação (LAURENS et al., 2010; RODRIGUES et al., 2013; STOFFREGEN et al., 2006, 2007).

Rodrigues e colaboradores (RODRIGUES et al., 2013) investigaram o efeito das frequências dos movimentos sacádicos horizontais e diferentes bases de apoio sobre o controle postural de adultos jovens. Os resultados indicaram que os movimentos sacádicos de frequência de 1,1 Hz provocaram uma diminuição na velocidade, frequência e amplitude média do deslocamento do centro de pressão (COP) em comparação com a tarefa de fixação e de movimentos sacádicos lentos (frequência de 0,5 Hz), durante uma base de apoio ampla (pés afastados) e também uma base restrita (pés unidos).

Ademais, os resultados citados anteriormente, mostram uma redução do COP durante a realização da tarefa visual concomitante que envolve uma demanda atencional maior. Durante o paradigma da tarefa visual concomitante observa-se um aumento da oscilação do COP (CONDRON; HILL, 2002; TEASDALE et al., 1993; TEASDALE; SIMONEAU, 2001), principalmente em idosos ou pessoas que possuem distúrbios que afetam a postura

(WOOLLACOTT; SHUMWAY-COOK, 2002). Contudo, outros estudos realizados principalmente com adultos jovens, têm encontrado uma redução das oscilações corporais durante a realização da tarefa concomitante com maior demanda atencional (HUNTER; HOFFMAN, 2001; STOFFREGEN et al., 1999, 2000) e ainda, outros não têm encontrado estas diferenças (MAKI; MCILROY, 1996; YARDLEY et al., 1999).

Em seu estudo, Stoffregen e colaboradores (STOFFREGEN et al., 2000) investigaram o efeito das distâncias de visualização do alvo e seu conteúdo durante a realização de uma tarefa dual na oscilação corporal em adultos jovens. Os resultados mostraram que a amplitude de oscilação corporal foi reduzida quando alvos próximos foram observados comparados a alvos distantes. Além disto, foi encontrada uma redução da amplitude de oscilação quando era realizada uma tarefa difícil, que demandava uma busca de letras específicas em um texto, comparado a uma tarefa fácil que exigia apenas observar um alvo em branco. Assim, os autores sugeriram que existe uma integração entre o controle postural e a tarefa secundária (tarefa suprapostural ou concomitante), na qual o sistema de controle postural diminui intencionalmente, sua oscilação corporal para que a tarefa concomitante seja realizada de forma adequada.

Portanto, os resultados do presente estudo mostram que a tarefa sacádica imprevisível, com maior demanda atencional (memorização de um número) influenciou o controle da postura do grupo GMSI-M levando a uma redução do COP. Porém, este resultado não foi observado para o grupo GMSI o que pode estar relacionado ao fato do baixo nível de atenção exigido por esta tarefa, visto que, envolveu os movimentos sacádicos com incerteza de localização do alvo, o que parece não afetar o controle da postura nesta situação.

Em contrapartida, os resultados relativos à quando a sala foi movimentada não apresentaram diferenças entre grupos, mas mostraram diferenças na amplitude média, nos eixos AP e ML, entre os momentos de mudança/alteração de amplitude da sala. Estes resultados corroboram outros realizados dentro da sala móvel que apontam aumento na amplitude de oscilação corporal durante o aumento da amplitude da sala (AGUIAR; BARELA, 2015; BARELA et al., 2014; GENOVES et al., 2016). Além disso, estes resultados demonstram que as informações advindas da movimentação da sala se sobrepuseram sobre as informações provenientes dos movimentos dos olhos para o controle eficiente da postura, demonstrando que com a obtenção do conhecimento implícito, o sistema ainda permanece suscetível as informações da sala.

Já, a ausência de diferenças entre os grupos pode ser decorrente do fato de que o conhecimento implícito sobre o movimento da sala demandou do sujeito pouca ou quase nenhuma atenção para o acoplamento entre os movimentos da sala e as oscilações corporais, permitindo que os participantes realizassem ajustes posturais concomitantes às tarefas visuais propostas no estudo de maneira adequada.

Portanto, os resultados do presente estudo vão de encontro com os resultados de Aguiar e colaboradores (AGUIAR et al., 2014), indicando que o sistema de controle postural responde prontamente a alterações no ambiente visual mesmo quando informações adicionais para estabilidade, advindas dos movimentos sacádicos dos olhos, estão presentes. Este mecanismo básico de acoplamento frente ás informações dinâmicas é inato e pode ser demonstrado em bebês de apenas 3 dias (JOUEN et al., 2000), porém, necessita ser refinado durante os primeiros anos de vida (GODOI; BARELA, 2008; POLASTRI; BARELA, 2013; SCHMUCKLER, 1993) o que pode, também, estar associado ao desenvolvimento de mecanismos atencionais.

## 8.2 Acoplamento entre o movimento da sala e a oscilação corporal

Com relação aos resultados do acoplamento entre informação visual e oscilação corporal, estes mostraram que a manipulação da informação visual (sala) induziu a oscilação corporal independentemente da tarefa visual. A força deste relacionamento foi alterada apenas pelo conhecimento implícito dos participantes sobre o movimento da sala corroborando estudos anteriores (FREITAS JÚNIOR; BARELA, 2004; POLASTRI; BARELA, 2013; PRIOLI et al., 2006; RINALDI; POLASTRI; BARELA, 2009), mas não pelas informações adicionais advindas dos músculos extraoculares dos olhos. Ainda, este resultado parece indicar que a necessidade de olhar em uma localização específica durante a tarefa visual é uma restrição ao sistema de controle postural (BRITO et al., [s.d.]), mas esta foi, aparentemente, mais sutil do que quando comparado a restrição da sala móvel.

Alguns estudos têm observado que a magnitude de alteração no acoplamento entre informação visual e oscilação corporal depende da dificuldade da tarefa e de sua demanda atencional (AGUIAR et al., 2014; GENOVES et al., 2016). Genoves e colaboradores (GENOVES et al., 2016) investigaram os efeitos da tarefa concomitante e postural com diferentes demandas no acoplamento sensório motor de adultos jovens. Os resultados mostraram que o acoplamento foi reduzido somente na tarefa postural mais fácil quando os participantes tinham

conhecimento explícito sobre o movimento da sala, concluindo que esta tarefa postural (base de apoio) foi realizada com baixo ou nenhum requisito de atenção e que a tarefa postural mais difícil exigiu maior demanda atencional para sua realização dificultando alterações no acoplamento sensório-motor de adultos jovens.

No presente estudo os resultados mostraram que os grupos (GFIX, GMSI e GMSI-M) conseguiram alterar o acoplamento entre a informação visual e a oscilação corporal de forma similar. Este resultado pode ser em detrimento de que durante conhecimento implícito, os adultos jovens conseguem dispender sua atenção tanto para a postura, alterando seu acoplamento sensório motor (menores valores de ganho durante a condição de mudança comparada a pré e pós-mudança e de pós-comparado à pré-mudança), quanto para a tarefa concomitante (mesmo aquela que exigiu mais atenção do participante).

Barela e colaboradores (BARELA et al., 2014), submeteram adultos jovens a situação da sala móvel, dando informações explicitas e implícitas sobre o movimento da sala para os diferentes grupos. De forma geral, os resultados do estudo mostraram que ambos os grupos diminuíram a influência da sala após o conhecimento implícito ou explicito, entretanto, essa diminuição foi ainda mais forte para o grupo implícito em comparação ao explícito, indicando que ambas afetam a dinâmica intrínseca do sistema, mas, por meio de diferentes processos adaptativos. Os resultados do presente estudo avançam no entendimento de que movimentos dos olhos associado ao aumento de demanda atencional não alteram a maneira como o sistema de controle postural maximiza ou minimiza a importância de um canal/informação sensorial mesmo quando o sistema esta “inconsciente” sobre estas mudanças.

Em condições de baixa amplitude da sala e sem nenhum tipo de informação, dica ou conhecimento sobre esta manipulação visual da sala, o sistema de controle postural atua no modo de auto-movimento, ou seja, apresenta um forte e estável acoplamento ao estímulo da sala. Porém, com o aumento da amplitude, o sistema modifica seu modo de atuação e reduz a importância deste canal sensorial acoplando a outras informações para manter a estabilidade, se utilizando de mecanismos de repesagem sensorial (BAIR et al., 2012; BARELA et al., 2014).

É importante salientar que este relacionamento entre informação visual e oscilação corporal não ocorre de forma automática, uma vez que este é influenciado diretamente pelas características da tarefa (AGUIAR et al., 2014; BARELA et al., 2009, 2013, 2014; PEROTTI JR

et al., 2012; POLASTRI et al., 2012; PRIOLI et al., 2006; RINALDI; POLASTRI; BARELA, 2009), sendo o menos consciente possível e envolvendo uma capacidade atencional extremamente baixa (GENOVES et al., 2016). Nossos resultados suportam esta ideia, uma vez que, com a alteração dos parâmetros/condições da sala móvel, houve uma adaptação do sistema de controle postural (menores valores de ganho e maiores valores de variabilidade de posição e velocidade) mesmo diante da realização de tarefas visuais concomitantes. .

Em suporte às variáveis bem estabelecidas na literatura (ganho, fase, variabilidade), um menor valor de Entropia de Escalas Múltiplas foi observado durante a condição de mudança comparado a condição de pré-mudança e pós-mudança. Alguns estudos mostram que quanto maior a entropia, melhor é a capacidade do sistema em ser flexível e se adaptar as perturbações do ambiente (BUSA; VAN EMMERIK, 2016; GOW et al., 2015). Estes têm utilizado a entropia de múltiplas escalas como uma variável sensível para se analisar o funcionamento do sistema de controle postural, em virtude da mesma ser uma medida não linear e dependente da dificuldade da tarefa (BUSA; VAN EMMERIK, 2016; LUBETZKY et al., 2015).

Por exemplo, Lubetzky e colaboradores (LUBETZKY et al., 2015) investigaram se a Entropia de Múltiplas Escalas poderia detectar mudanças de curto prazo no controle postural advindas do aumento da dificuldade da tarefa postural em adultos jovens e compararam esta medida com uma medida tradicional (raiz quadrada da velocidade média - VRMS). Trinta adultos jovens foram posicionados em pé durante 20 segundos, de acordo as seguintes condições: no chão ou em uma espuma e com os olhos abertos ou fechados. De maneira geral, as análises indicaram diferenças entre as condições, indicando tanto um maior índice de complexidade (Entropia) quanto um maior VRMS durante a condição mais desafiadora. Estes dados indicaram que tanto as medidas tradicionais quanto as não-lineares são sensíveis ao aumento da demanda da tarefa, apresentando resultados similares.

Em particular, nossos resultados mostram que durante a condição de mudança (momento da obtenção do conhecimento implícito), o sistema de controle postural se tornou mais rígido em relação às perturbações do ambiente. Assim, os achados deste estudo também avançam em aspectos importantes sobre como a atenção dada à tarefa pode afetar o acoplamento entre informação visual e oscilação corporal. Uma série de estudos tem investigado a influência do conhecimento explícito sobre o acoplamento sensório-motor (BARELA et al., 2009; GENOVES et al., 2016; PEROTTI JR et al., 2012). Em síntese, tem-se encontrado que este tipo de

informação altera o acoplamento sensório-motor, gerando uma adaptação do sistema de controle postural frente à movimentação da sala (menores valores de ganho). No entanto, poucos estudos têm investigado este efeito durante o conhecimento implícito.

### 8.3 Comportamento do olhar

Já os resultados do comportamento do olhar mostraram diferenças entre os grupos para o número e duração da fixação, indicando um maior número de fixações com uma menor duração para GMSI e GMSI-M comparado ao GFIX, corroborando outros estudos que investigaram a execução deste tipo de tarefa no sistema de controle postural (GOTARDI et al., [s.d.]; POLASTRI et al., 2019; SCHÄRLI et al., 2013) e, recentemente, no acoplamento entre informação visual e oscilação corporal (BRITO et al., [s.d.]).

Polastri e colaboradores (POLASTRI et al., 2019) investigaram o efeito dos movimentos sacádicos verticais e horizontais, no comportamento do olhar, na oscilação da cabeça e do COP de adultos jovens e idosos em diferentes bases de suporte. Participaram 10 adultos jovens e 10 idosos que foram posicionados em uma plataforma de força em duas bases de apoio (Bipodal e Semi-Tandem), enquanto realizavam 3 tarefas (Fixação, Movimentos sacádicos verticais e horizontais). Os resultados encontrados em relação ao comportamento do olhar foram um maior número de fixações com menor duração durante a base de apoio mais desafiadora (semi tandem) e durante as condições de movimento sacádicos dos olhos horizontal e vertical comparado a fixação. Ainda, para a Latência Média, houve uma interação entre a base de apoio e a tarefa visual, indicando que para ambos os grupos (adultos e idosos), durante a base mais fácil (bipodal) a latência foi negativa durante os sacádicos horizontais e positiva nos sacádicos verticais. Já durante a base mais desafiadora, a latência permaneceu perto de zero para ambas as tarefas, indicando que a tarefa postural mais desafiadora pode alterar o comportamento do olhar durante tarefas visuais sacádicas, sugerindo ainda, uma deterioração no relacionamento entre postura e olho dos idosos.

Outro aspecto interessante apontado no presente estudo foi a diferença entre GMSI e GMSI-M para o tempo de reação sacádico, indicando um maior tempo de reação sacádico para o GMSI-M comparado ao GMSI. Na literatura, já está bem estabelecido que os movimentos sacádicos são influenciados por processos atencionais (POSNER, 1980), sendo esta variável um

indicador do estado atencional do indivíduo sobre a tarefa (BRAUN; BREITMEYER, 1988; FISCHER; BREITMEYER, 1987).

Assim, estes resultados mostram que a tarefa realizada pelo GMSI-M, exigiu mais recursos atencionais do indivíduo. No presente estudo, foram investigados os efeitos do aumento das demandas atencionais em adultos. Porém, este aumento da demanda atencional parece não esgotar os recursos disponíveis para o sistema responder a diferentes tarefas, já que este sistema permanece prontamente responsivo a mudanças ambientais imprevisíveis. No entanto, é possível que em outras populações que não possuem o sistema tão calibrado (e.g. crianças) ou que já esteja deteriorado pelo processo de envelhecimento (e.g. idosos), aumento na demanda atencional por meio de movimentos dos olhos possa interferir no funcionamento do controle postural. Por exemplo, Woollacott e Shumway-Cook (WOOLLACOTT; SHUMWAY-COOK, 2002) concluíram em seu estudo que durante a postura comum de adultos jovens, os efeitos de uma grande demanda atencional para realização da tarefa no controle postural parecem ser pequenos, mas que esses efeitos podem ser substanciais para quedas em indivíduos idosos.

Ainda foi observado um maior tempo de reação sacádico para a condição de pós-mudança comparado à pré-mudança. Este resultado indica que o conhecimento implícito sobre a sala móvel pode ter causado, mesmo com o envolvimento de pouca demanda atencional, um comportamento adaptativo do olhar frente às alterações no ambiente.

Zamora e Colaboradores (DOMÍNGUEZ-ZAMORA; GUNN; MARIGOLD, 2018), investigaram como a incerteza e a importância atribuída a uma ação, pode afetar o comportamento do olhar quando a ação motora é interdependente (posição precisa do pé no alvo durante uma caminhada). De maneira geral, os resultados mostraram uma redução do erro do posicionamento do pé e um aumento do tempo do olhar nos alvos, indicando que a incerteza ambiental afetou o comportamento do olhar ao ter que pisar com precisão durante a caminhada. Assim, os autores concluíram que adaptações no comportamento olhar ocorrem para reduzir a incerteza ambiental (condição de mudança) com intuito de melhorar a precisão da ação motora (andar). Ainda o aumento do tempo do olhar permite que o sistema nervoso central acumule mais informações do ambiente para integrar com o posicionamento do corpo com a finalidade de maximizar a passada. Desta maneira, os resultados do presente estudo parecem sugerir que o sistema visual aumenta o envolvimento atencional (menor tempo de reação) frente à tarefa para obter informações mais precisas e eficiente para o controle da postura.

De modo geral, os resultados do presente estudo avançam em aspectos importantes, demonstrando que os processos adaptativos do sistema de controle postural não são afetados por processos de ordem superior (atenção, cognição, etc) ocasionados pela tarefa visual concomitante. Porém, novos estudos devem ser realizados com diferentes populações, visto que, adultos jovens apresentam recursos atencionais suficientes para a realização destas tarefas e que estes tipos de tarefas parecem não esgotar esta capacidade.

Contudo, investigar como as demandas atencionais podem afetar os processos adaptativos do sistema de controle postural em crianças, que ainda não possuem um sistema tão acurado, e em idosos, que possuem um sistema deteriorado pode nos levar a entender melhor sobre essa relação entre os recursos atencionais e os processos adaptativos do olhar e do sistema de controle postural. Além disso, o presente estudo possui algumas limitações que outros estudos devem levar em consideração, como: 1-) a utilização da tarefa de memória utilizada no presente estudo, pode não ser tão difícil para este tipo de população, sendo facilmente realizada pelos mesmos e 2) A realização das diferentes tarefas visuais serem realizadas por indivíduos diferentes, visto que, ainda não se sabe dos efeitos da exposição da alteração da amplitude da sala mais de uma vez.

## 9. CONCLUSÃO

Portanto, pode-se concluir que as diferentes demandas atencionais correspondentes as diferentes tarefas visuais não afetam os processos adaptativos do sistema de controle postural. Além disso, o comportamento do olhar apresenta processos adaptativos frente à alteração da amplitude da sala, indicando que o sistema visual é capaz de modificar seu comportamento para se adequar as diferentes demandas atencionais em busca de informação relevante para a tarefa (postural ou concomitante).

## 10. REFERÊNCIAS

AGUIAR, S. A. et al. Dual task interferes with sensorimotor coupling in postural control. **Psychology and Neuroscience**, v. 7, n. 4, p. 593–599, 2014.

AGUIAR, S. A. et al. Effects of Saccadic Eye Movements on Postural Control in Older Adults. **Psychology & Neuroscience**, v. 8, n. 1, p. 19–27, 2015.

AGUIAR, S. A.; BARELA, J. A. Adaptation of sensorimotor coupling in postural control is impaired by sleep deprivation. **PLoS ONE**, v. 10, n. 3, p. 1–14, 2015.

ANDERSSON, G. et al. Effect of cognitive load on postural control. **Brain Research Bulletin**, v. 58, n. 1, p. 135–139, 2002.

ASSLANDER, L.; PETERKA, R. J. Sensory reweighting dynamics in human postural control. **Journal of Neurophysiology**, v. 111, n. 9, p. 1852–1864, 2014.

BAIR, W. N. et al. Development of multisensory reweighting is impaired for quiet stance control in children with developmental coordination disorder (DCD). **PLoS ONE**, 2012.

BARELA, A. M. F. et al. Influence of imposed optic flow characteristics and intention on postural responses. **Motor control**, v. 13, n. 2, p. 119–129, 2009.

BARELA, J. A. et al. Controle postural em crianças: oscilação corporal e frequência de oscilação. **Rev. paul. Educ. Fís.**, v. 14, n. 1, 2000.

BARELA, J. A. et al. Postural control and automaticity in dyslexic children: The relationship between visual information and body sway. **Research in Developmental Disabilities**, v. 32, n. 5, p. 1814–1821, 2011.

BARELA, J. A. et al. Visual reweighting in postural control is less adaptative in older adults. **Health**, v. 5, n. 12A, p. 74–79, 2013.

BARELA, J. A. et al. Explicit and implicit knowledge of environment states induce adaptation in postural control. **Neuroscience Letters**, v. 566, p. 6–10, 2014.

BENSOUSSAN, L. et al. Changes in Postural Control in Hemiplegic Patients After Stroke Performing a Dual Task. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, v. 88, n. 1, p. 1009–1015, 2007.

BONNET, C. T. et al. Deterministic and Stochastic Postural Processes : Effects of Task, Environment, and Age. **Journal of Motor Behavior**, v. 42, n. 1, p. 85–97, 2009.

BRAUN, D.; BREITMEYER, B. G. Relationship between directed visual attention and saccadic reaction times. **Experimental Brain Research**, v. 73, p. 546–552, 1988.

BRITO, M. B. et al. Saccadic eye movements with uncertain location reduce sway variability of the visually-induced postural responses. **in press**, [s.d.].

BROWN, L. A.; SHUMWAY-COOK, A.; WOOLLACOTT, M. H. Attentional Demands and Postural Recovery: The Effects of Aging. **The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences**, v. 54, n. 4, p. 165–171, 1999.

BUSA, M. A.; VAN EMMERIK, R. E. A. Multiscale entropy: A tool for understanding the complexity of postural control. **Journal of Sport and Health Science**, v. 5, n. 1, p. 44–51, 2016.

CARVER, S.; KIEMEL, T.; JEKA, J. J. Modeling the dynamics of sensory reweighting. **Biological Cybernetics**, v. 95, n. 2, p. 123–134, 2006.

CONDRON, J. E.; HILL, K. D. Reliability and validity of a dual-task force platform assessment of balance performance: Effect of age, balance impairment, and cognitive task. **Journal of the American Geriatrics Society**, v. 50, n. 1, p. 157–162, 2002.

CSIBRA, G.; JOHNSON, M. H.; TUCKER, L. A. Attention and oculomotor control: A high density ERP study of the gap effect. **Neuropsychologia**, v. 35, n. 6, p. 855–865, 1997.

DIJKSTRA, T. M. H. et al. Frequency dependence of the action-perception cycle for postural control in a moving visual environment: relative phase dynamics. **Biological Cybernetics**, v. 71, n. 6, p. 489–501, 1994.

DIJKSTRA, T. M. H.; SCHÖNER, G.; GIELEN, C. C. A. M. Temporal stability of the action-perception cycle for postural control in a moving visual environment. **Experimental Brain Research**, v. 97, n. 3, p. 477–486, 1994.

DOMÍNGUEZ-ZAMORA, F. J.; GUNN, S. M.; MARIGOLD, D. S. Adaptive Gaze Strategies to Reduce Environmental Uncertainty During a Sequential Visuomotor Behaviour. **Scientific Reports**, v. 8, n. 14112, p. 1–13, 2018.

DOUMAS, M. et al. Dual Task Performance of Working Memory and Postural Control in Major Depressive Disorder. **Neuropsychology**, v. 26, n. 1, p. 110–118, 2012.

DUARTE, M.; FREITAS, S. M. S. F. Revision of posturography based on force plate for balance evaluation. **Revista Brasileira de Fisioterapia**, v. 14, n. 3, p. 183–192, 2010.

ELLIS, R. Implicit and Explicit Learning, Knowledge and Instruction. In: **The Handbook of Second Language Acquisition**. 2003. p. 313–348.

ERICK KANDEL. Perception of motion, depth, and form. In: ER, K.; JH, S.; A., J. (Eds.). . **Principles of neuroscience.** 3 ed. ed. New York: elsevier, 1991. p. 440–465.

FERRAZ, M. . A.; BARELA, J. A.; PELEGRINNI, A. M. Acoplamento Sensório-Motor no Controle Postural de Indivíduos Idosos Fisicamente Ativos e Sedentários. **Motriz**, v. 7, n. 2, p. 99–105, 2001.

FISCHER, B.; BREITMEYER, B. Mechanisms of visual attention revealed by saccades eye movements. **Neuropsychologia**, v. 25, n. 1, p. 73–83, 1987.

FREITAS JÚNIOR, P. B.; BARELA, J. A. Postural control as a function of self- and object-motion perception. **Neuroscience Letters**, v. 369, n. 1, p. 64–68, 2004.

GENOVES, G. G. et al. Attentional artifacts in sensorimotor coupling in the postural control of young adults. **Experimental Brain Research**, v. 234, n. 12, p. 3641–3647, 2016.

GENOVES, G. G. et al. Lasting effects of adaptive visual reweighting on postural control in young adults. **Psychology and Neuroscience**, v. 10, n. 2, p. 243–251, 2017.

GIBSON, E.; RADER, N. Attention. The perceiver as performer. In: HALE, G.; LEWIS, M. **Attention and Cognitive Development**. New York: Plenum., 1979. p. 1–21.

GLASAUER, S. et al. How the eyes move the body. **Neurology**, v. 65, n. 8, p. 1291–1293, 2005.

GODOI, D.; BARELA, J. A. Body sway and sensory motor coupling adaptation in children: Effects of distance manipulation. **Developmental Psychobiology**, v. 50, n. 1, p. 77–87, 2008.

GOMES, M. M.; MORAES, R.; BARELA, J. A. Coupling between visual information and body sway in adults with Down syndrome. **Research in Developmental Disabilities**, v. 58, p. 9–19, 2016.

GOTARDI, G. C. et al. The effects of horizontal and vertical saccadic eye movements on postural control of young and old adults in different bases of support (accepted). **Revista brasileira de Educação Física e Esporte**.

GOW, B. J. et al. Multiscale entropy analysis of center-of-pressure dynamics in human postural control: Methodological considerations. **Entropy**, v. 15, n. 12, p. 7926–7947, 2015.

HORAK, F. B.; MACPHERSON, J. Postural orientation and equilibrium. In: L.B. ROWELL, J. T. S. New York: Oxford University: Handbook of physiology, 1996. p. 255–296.

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

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

HUXHOLD, O. et al. Dual-tasking postural control : Aging and the effects of cognitive demand in conjunction with focus of attention. **Brain Research Bulletin**, v. 69, p. 294–305, 2006.

HWANG, S. et al. Dynamic reweighting of three modalities for sensor fusion. **PLoS ONE**, v. 9, n. 1, p. 1–8, 2014.

JEKA, J. J. et al. Position and velocity coupling of postural sway to somatosensory drive. **Journal of neurophysiology**, v. 79, n. 4, p. 1661–1674, 1998.

JEKA, J. J.; ALLISON, L. K.; KIEMEL, T. The dynamics of visual reweighting in healthy and fall-prone older adults. **Journal of Motor Behavior**, v. 42, n. 4, p. 197–208, 2010.

JEKA, J. J.; OIE, K. S.; KIEMEL, T. Asymmetric adaptation with functional advantage in human sensorimotor control. **Experimental Brain Research**, 2008.

JEKA, J.; OIE, K. S.; KIEMEL, T. Multisensory information for human postural control : integrating touch and vision. **Experimental Brain Research**, v. 134, n. 1, p. 107–125, 2000.

JOUEN, F. et al. Optic flow sensitivity in neonates. **Infant Behavior and Development**, 2000.

KAPOULA, Z.; LÊ, T. T. Effects of distance and gaze position on postural stability in young and old subjects. **Experimental Brain Research**, v. 173, n. 3, p. 438–445, 2006.

KERR, B.; CONDON, S. M.; MCDONALD, L. A. Cognitive Spatial Processing and the Regulation of Posture. **Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance**, v. 11, n. 1, p. 617–622, 1985.

KIEMEL, T.; ZHANG, Y.; JEKA, J. J. Visual flow is interpreted relative to multisegment postural control. **Journal of Motor Behavior**, v. 43, n. 3, p. 237–246, 2011.

KLEINER, A. F. R.; SCHLITTLER, D. X. C.; SANCHEZ-ARIAS, M. D. R. O papel dos sistemas visual, vestibular, somatossensorial e auditivo para o controle postural. **Revista Neurociências**, v. 19, n. 2, p. 349–357, 2011.

LACOUR, M.; BERNARD-DEMANZE, L.; DUMITRESCU, M. Posture control, aging, and attention resources: Models and posture-analysis methods. **Neurophysiologie Clinique**. 2008, p. 411–421.

LAURENS, J. et al. Visual contribution to postural stability: Interaction between target fixation or tracking and static or dynamic large-field stimulus. **Gait and Posture**, v. 31, n. 1, p. 37–41, 2010.

LEE, D.; LISHMAN, J. Vision - The most efficient Source of Proprioceptive Information for balance control. **Journal of Human Movement Studies**, v. 18, n. 1A, p. 83–94, 1975.

LEE, D. N.; ARONSON, E. Visual proprioceptive control of standing in human infants. **Perception & Psychophysics**, v. 15, n. 3, p. 529–532, 1974.

LEGRAND, A. et al. Effect of a Dual Task on Postural Control in Dyslexic. **PLoS ONE**, v. 7, n. 4, p. 1–6, 2012.

LEGRAND, A. et al. Differing effects of prosaccades and antisaccades on postural stability. **Experimental Brain Research**, v. 227, n. 3, p. 397–405, 2013.

LOPES, A. G.; RAZUK, M.; BARELA, J. A. Efeitos da manipulação do estímulo visual e da intenção na oscilação postural de idosas. **Fisioterapia e Pesquisa**, v. 16, n. 1, p. 52–58, 2009.

LUBETZKY, A. V et al. Relationship of multiscale entropy to task difficulty and sway velocity in healthy young adults Relationship of multiscale entropy to task difficulty and sway velocity in healthy young adults. **Somatosensory & Motor Research**, v. 0220, p. 1–8, 2015.

MAKI, B. E.; MCILROY, W. E. Influence of arousal and attention on the control of postural sway. **Journal of vestibular research : equilibrium & orientation**, v. 6, n. 1, p. 53–9, 1996.

MARCHESE, R.; BOVE, M.; ABBRUZZESE, G. Effect of Cognitive and Motor Tasks on Postural Stability in Parkinson ' s Disease : A Posturographic Study. **Movement Disorders**, v. 18, n. 6, p. 652–658, 2003.

MAYLOR, E. A.; WING, A. M. Age Differences in Postural Stability are Increased by Additional Cognitive Demands. **The Journals of Gerontology Series B: Psychological Sciences and Social Sciences**, v. 51, n. 1, p. 143–154, 1996.

MCCOLLUM, G.; SHUPERT, C. L.; NASHNER, L. M. Organizing sensory information for postural control in altered sensory environments. **Journal of Theoretical Biology**, v. 180, n. 3, p. 257–270, 1996.

MCNEVIN, N. H.; SHEA, C. H.; WULF, G. Increasing the distance of an external focus of attention enhances learning. **Psychological Research**, v. 67, n. 1, p. 22–29, 2003.

MCNEVIN, N. H.; WULF, G. Attentional focus on supra-postural tasks affects postural control. **Human Movement Science**, v. 21, p. 187–202, 2002.

MELZER, I. et al. Age-Related Changes of Postural Control : Effect of Cognitive Tasks. **Clinical Section Gerontology**, v. 47, p. 189–194, 2001.

MORAES, R. et al. Quality of visual cue affects visual reweighting in quiet standing. **PLoS ONE**, v. 11, n. 3, p. 1–13, 2016.

MORAES, R.; LOPES, A. G.; BARELA, J. A. Monocular vision and increased distance reducing the effects of visual manipulation on body sway. **Neuroscience Letters**, v. 460, p. 209–213, 2009.

MORIOKA, S.; HIYAMIZU, M.; YAGI, F. The Effects of an Attentional Demand Tasks on Standing Posture Control. **Journal of PHYSIOLOGICAL ANTHROPOLOGY and Applied Human Science**, v. 24, n. 1, p. 215–219, 2005.

MORRIS, M. et al. Postural instability in Parkinson ' s disease : a comparison with and without a concurrent task. **Gait and Posture**. v. 12, p. 205–216, 2000.

NASHNER, L. Analysis of stance posture in humans. **Motor Coordination**, v. 1, p. 527–565,

1981.

OIE, K. S.; KIEMEL, T.; JEKA, J. J. Multisensory fusion : simultaneous re-weighting of vision and touch for the control of human posture. **Cognitive Brain Research**, v. 14, n. 1, p. 164–176, 2002.

PASMA, J. H. et al. Changes in sensory reweighting of proprioceptive information during standing balance with age and disease. **Journal of Neurophysiology**, v. 114, n. 6, p. 3220–3233, 2015.

PAULUS, W. M.; STRAUBE, A.; BRANDT, T. H. Visual stabilization of posture: Physiological stimulus characteristics and clinical aspects. **Brain**, v. 107, p. 1143–1163, 1984.

PELLECCHIA, G. L. Postural sway increases with attentional demands of concurrent cognitive task. **Gait and Posture**, v. 18, n. 1, p. 29–34, 2003.

PEROTTI JR, A. et al. Efeitos da informação comportamental na dinâmica intrínseca do controle postural. **Motriz. Revista de Educacao Fisica**, v. 18, n. 3, p. 602–614, 2012.

POLASTRI, P. F. et al. Dynamics of inter-modality re-weighting during human postural control. **Experimental Brain Research**, v. 223, n. 1, p. 99–108, 2012.

POLASTRI, P. F. et al. Semi Tandem base of support degrades both saccadic gaze control and postural stability particularly in older adults. **Neuroscience Letters**, v. 705, n. 1, p. 227–234, 2019.

POLASTRI, P. F.; BARELA, J. A. Percepção-ação no desenvolvimento motor de crianças portadoras de Síndrome de Down. **Revista da SOBAMA**, v. 7, n. 1, p. 1–8, 2002.

POLASTRI, P. F.; BARELA, J. A. Perception-action coupling in infants with down syndrome: Effects of experience and practice. **Adapted Physical Activity Quarterly**, v. 22, n. 1, p. 39–56, 2005.

POLASTRI, P. F.; BARELA, J. A. Adaptive visual re-weighting in children's postural control. **PLoS ONE**, v. 8, n. 12, p. 1–10, 2013.

POSNER, M. I. Orienting of attention. **The Quarterly journal of experimental psychology**, v. 32, n. 1, p. 3–25, 1980.

PRADO, J. M. et al. Postural Sway during Dual Tasks in Young and Elderly Adults. **Gerontology**, v. 53, p. 274–281, 2007.

PRIOLI, A. C. et al. Physical Activity and Postural Control in the Elderly : Coupling between Visual Information and Body Sway. **Gerontology**, v. 51, p. 145–148, 2005.

PRIOLI, A. C. et al. Task demand effects on postural control in older adults. **Human Movement Science**, v. 25, p. 435–446, 2006.

RAZUK, M.; BARELA, J. A. Dyslexic children suffer from less informative visual cues to control posture. **Research in Developmental Disabilities**, v. 35, n. 1, p. 1988–1994, 2014.

REDFERN, M. S. et al. Attention influences sensory integration for postural control in older adults. **Gait and Posture**, v. 14, p. 211–216, 2001.

REY, F. et al. Saccades horizontal or vertical at near or at far do not deteriorate postural control. **Auris Nasus Larynx**, v. 35, n. 1, p. 185–191, 2008.

RILEY, M. A. et al. The interplay between posture control and memory for spatial locations. **Experimental Brain Research**, v. 217, n. 1, p. 43–52, 2012.

RILEY, M. A.; BAKER, A. A.; SCHMIT, J. M. Inverse relation between postural variability and difficulty of a concurrent short-term memory task. **Brain Research Bulletin**, v. 62, p. 191–195, 2003.

RINALDI, N. M.; POLASTRI, P. F.; BARELA, J. A. Age-related changes in postural control sensory reweighting. **Neuroscience Letters**, v. 467, n. 3, p. 225–229, 2009.

RODRIGUES, S. T. et al. Effects of saccadic eye movements on postural control stabilization. **Motriz. Revista de Educacao Fisica**, v. 19, p. 614–619, 2013.

RODRIGUES, S. T. et al. Saccadic and smooth pursuit eye movements attenuate postural sway similarly. **Neuroscience Letters**, v. 584, n. 1, p. 292–295, 2015.

RODRIGUES, S. T.; VICKERS, J. N.; WILLIAMS, A. M. Head, eye and arm coordination in table tennis. **Journal of Sports Sciences**, v. 20, n. 3, p. 187–200, 2002.

SCHÄRLI, A. M. et al. Postural control and head stability during natural gaze behaviour in 6- to 12-year-old children. **Experimental Brain Research**, v. 227, n. 4, p. 523–534, 2013.

SCHMID, M. et al. Cognitive load affects postural control in children. **Experimental Brain Research**, v. 179, n. 1, p. 375–385, 2007.

SCHMUCKLER, M. A. Perception-Action Coupling in Infancy. **Advances in Psychology**, v. 97, p. 137–173, 1993.

SCHÖNER, G. Dynamic theory of action-perception patterns: the “moving room” paradigm. **Biological Cybernetics**, v. 64, n. 6, p. 455–462, 1991.

SCHONER, G.; DIJKSTRA, T. M. H.; JEKA, J. J. Action-Perception Patterns Emerge From Coupling and Adaptation. **Ecological Psychology**, v. 10, n. 3, p. 323–346, 1998.

SCHONER, G.; KELSO, J. A. Dynamic pattern generation in behavioral and neural systems. **Science**, v. 239, n. 4847, p. 1513–1520, 1988.

SHUMWAY-COOK, A.; WOOLLACOTT, M. Attentional Demands and Postural Control : The Effect of Sensory Context. **Journal o/Cerontolngt: MEDICAL SCIENCES**, v. 55, n. 1, p. 10–16, 2000.

STOFFREGEN, T. A. et al. Postural Stabilization of Looking. **Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance**, v. 25, n. 6, p. 1641–1658, 1999.

STOFFREGEN, T. A. et al. Modulating postural control to facilitate visual performance. **Human Movement Science**, v. 19, n. 2, p. 203–220, 2000.

STOFFREGEN, T. A. et al. Postural Stabilization of Visually Guided Eye Movements. **ECOLOGICAL PSYCHOLOGY**, v. 18, n. 3, p. 191–222, 2006.

STOFFREGEN, T. A. et al. Postural Sway and the Frequency of Horizontal Eye Movements. **Motor Control**, v. 11, n. 6149, p. 86–102, 2007.

TEASDALE, N. et al. On the cognitive penetrability of posture control. **Experimental Aging Research**, v. 19, n. 1, p. 1–13, 1993.

TEASDALE, N.; SIMONEAU, M. Attentional demands for postural control : the effects of aging and sensory reintegration. **Gait and Posture**, v. 14, n. 1, p. 203–210, 2001.

VARGAS, I. E. P.; AGUIAR, S. A.; BARELA, J. A. Effects of sleep deprivation on sustained attention in young adults. **Brazilian Journal Motor Behavior**, v. 11, p. 1–9, 2017.

VUILLERME, N.; NAFATI, G. How attentional focus on body sway affects postural control during quiet standing. **Psychological Research**, v. 71, n. 2, p. 192–200, 2007.

WOOLLACOTT, M.; SHUMWAY-COOK, A. Attention and the control of posture and gait : a review of an emerging area of research. **Gait and Posture**, v. 16, p. 1–14, 2002.

WULF, G. et al. Reciprocal Influences of Attentional Focus on Postural and Suprapostural Task Performance. **Journal of Motor Behavior**, v. 36, n. 2, p. 189–199, 2004.

WULF, G.; MCNEVIN, N.; SHEA, C. H. The automaticity of complex motor skill learning as a function of attentional focus. **Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A: Human Experimental Psychology**, v. 54, n. 4, p. 1143–1154, 2001.

YARDLEY, L. et al. Effect of articulatory and mental tasks on postural control. **NeuroReport**, v. 10, n. 2, p. 215–219, 1999.

**ANEXO I -** TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

**Título do Projeto:** Efeito de diferentes demandas atencionais sobre os processos adaptativos do sistema de controle postural e sobre o comportamento do olhar de adultos jovens.
**Aluno Responsável:** Matheus Belizário Brito.
**Orientadora:** Profª. Drª. Paula Fávaro Polastri Zago.

As informações visuais são muito relevantes nas ações que realizamos e sua ausência pode influenciar no equilíbrio e orientação da postura. O sistema de controle postural é capaz de alterar o seu funcionamento preferido para se adaptar as mudanças do ambiente, sendo denominado de processos adaptativos. Ainda, não está claro como tarefas do olhar podem influenciar o desempenho do controle postural e ainda menos como afetam os processos adaptativos do sistema de controle postural. Por isso, o objetivo deste projeto é investigar o efeito das tarefas visuais com diferentes demandas atencionais nos processos adaptativos do sistema de controle postural e no comportamento do olhar de adultos jovens frente a uma mudança abrupta nos parâmetros de amplitude do estímulo visual.

Os procedimentos deste projeto requer uma visita ao Departamento de Educação Física da UNESP/Bauru para a realização do teste. Os participantes serão posicionados sob uma plataforma de força na base bipodal, dentro de uma cabine com listras pretas e brancas, utilizando o equipamento de rastreamento do olhar, e sua tarefa será ficar o mais parado possível seguindo os estímulos visuais (alvos) apresentados na tela.

Os procedimentos deste projeto apresentam riscos mínimos para a integridade física e mental dos participantes, pois se tratam de atividades estáticas e realizadas pelos participantes no seu cotidiano.

Os procedimentos serão explicados para os participantes de maneira que entendam claramente o objetivo da tarefa e, caso não fique claro, o experimentador irá repetir quantas vezes for necessário. Todas as informações coletadas no estudo serão confidenciais e o nome do participante não será divulgado em momento algum. Toda e quaisquer informações de dados coletados serão utilizados apenas para fins acadêmicos.

A participação nesse projeto é voluntária, sem o recebimento de qualquer quantia em dinheiro, tendo o participante a liberdade de desistir da pesquisa a qualquer momento durante a coleta de dados. Não haverá benefícios diretos para os participantes, mas o estudo irá proporcionar conhecimento sobre a relação entre o controle do olhar e da postura em adultos jovens. Como forma de agradecimento pela participação, ficaríamos satisfeitos em enviar-lhe um sumário dos resultados deste estudo, assim que o mesmo estiver concluído.

Caso queira entrar em contato com o pesquisador responsável, favor entrar em contato com Profa. Dra. Paula Fávaro Polastri Zago pelo e-mail: **paulafp@fc.unesp.br** telefone **(19) 99749-6579** ou Matheus Belizário Brito, **(14) 99779-3672**. E caso queira fazer alguma reclamação ou consulta sobre a veracidade e seriedade da pesquisa, poderá entrar em contato com o Conselho de Ética em Pesquisa da UNESP **(Fone: 14 3103 6082)**.

Este documento em nenhum modo restringe seus direitos legais, nem altera as responsabilidades legais e profissionais dos pesquisadores, patrocinadores ou instituições envolvidas.

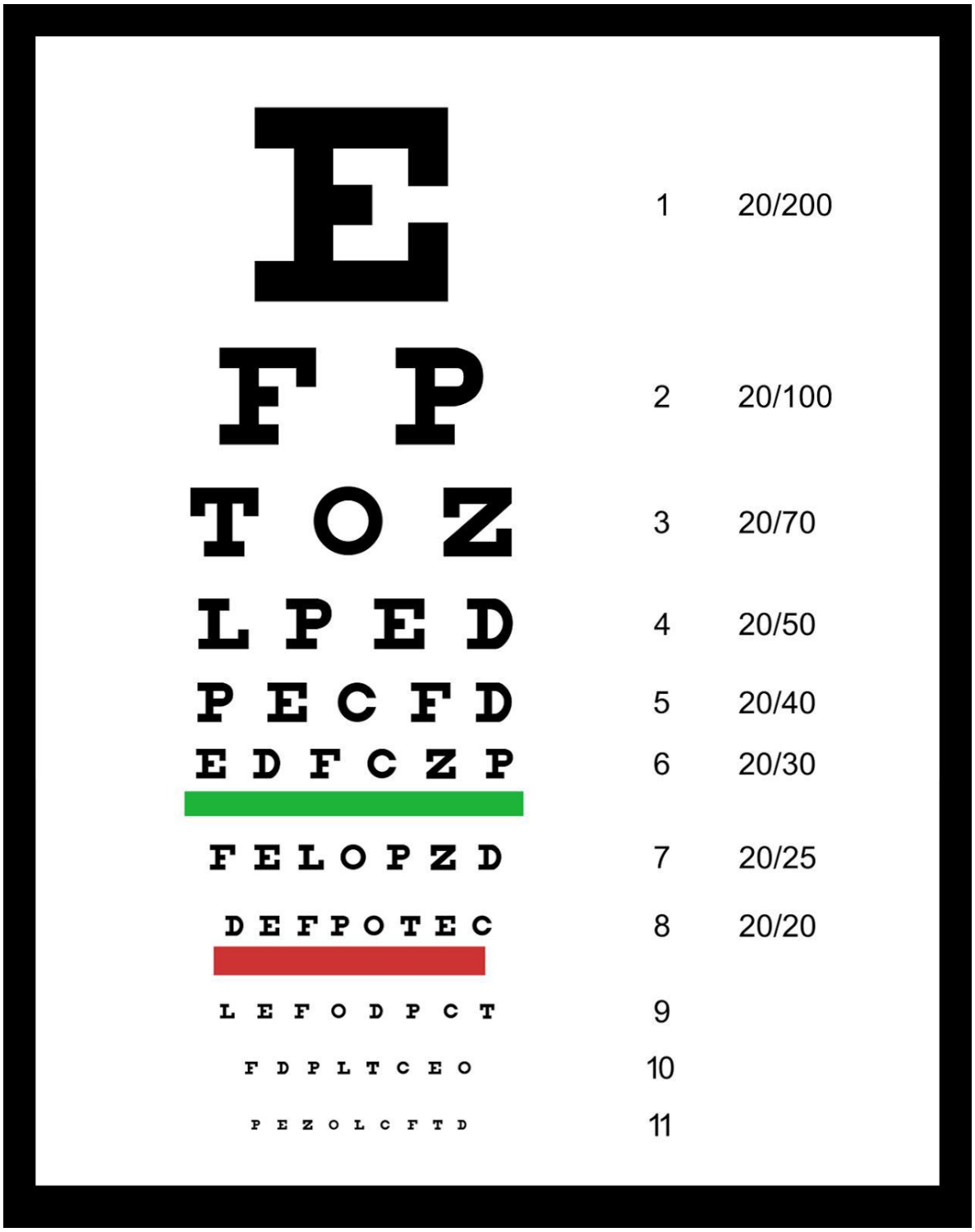
Pelo presente instrumento que atende ás exigências legais, eu _____, portador

do R.G. _____, após leitura minuciosa das informações constantes neste **TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**, devidamente explicada pelo pesquisador em seus mínimos detalhes, ciente do propósito da pesquisa, não restando quaisquer dúvidas a respeito do lido e explicado, firmo meu **CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO** concordando com a participação na pesquisa proposta. Fica claro que como voluntários podemos, a qualquer momento, retirar tal **CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO** e interromper minha participação nesta pesquisa e, ciente de que todas as informações prestadas tornarão confidenciais e guardadas por força de sigilo profissional, sendo mantido o anonimato dos sujeitos voluntários em todas as etapas da pesquisa, incluindo a publicação dos resultados (Resolução CNS 196/96).
Por estar de acordo assina o presente termo.

_____ _____
Assinatura do participante Responsável pelo estudo

Bauru-SP, ___ de _____ de _____.

Endereço:_____
Data de nascimento:_____
Telefone para contato: _____

Obs: Uma cópia deste formulário foi dada ao responsável para arquivo e futura referência.

**ANEXO II** – Teste de Snellen.