

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS - BAURU**

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA MOTRICIDADE

**EFEITO DE DIFERENTES TAREFAS VISUAIS NAS RESPOSTAS
POSTURAS E NO DESEMPENHO DO OLHAR DE IDOSOS COM E SEM
HISTÓRICO DE QUEDAS**

Aluno: Nathaly Freitas de Souza

Orientador: Prof. Dra. Paula Fávaro Polastri Zago

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – FACULDADE DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE EDUCAÇÃO FÍSICA
LABORATÓRIO DE INFORMAÇÃO, VISÃO E AÇÃO – LIVIA

NATHALY FREITAS DE SOUZA

**EFEITO DE DIFERENTES TAREFAS VISUAIS NAS RESPOSTAS POSTURAS E NO
DESEMPENHO DO OLHAR DE IDOSOS COM E SEM HISTÓRICO DE QUEDAS**

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.

Orientador(a): Paula Fávaro Polastri Zago.

BAURU

2021

Souza, Nathaly Freitas.

Efeito de diferentes tarefas visuais nas respostas posturais e no desempenho do olhar de idosos com e sem histórico de quedas /Nathaly Freitas de Souza, Bauru 2021 99p.

Orientadora: Paula Fávoro Polastri Zago

Dissertação (Mestrado)– Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências, Bauru

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



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Bauru



ATA DA DEFESA PÚBLICA DA DISSERTAÇÃO DE Mestrado DE NATHALY FREITAS DE SOUZA, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA MOTRICIDADE, DA FACULDADE DE CIÊNCIAS - CÂMPUS DE BAURU.

Aos 25 dias do mês de maio do ano de 2021, às 09:00 horas, por meio de Videoconferência, realizou-se a defesa de DISSERTAÇÃO DE Mestrado de NATHALY FREITAS DE SOUZA, intitulada **Efeito de diferentes tarefas visuais nas respostas posturais e no desempenho do olhar de idosos com e sem histórico de quedas**. A Comissão Examinadora foi constituída pelos seguintes membros: Profa. Dra. PAULA FAVARO POLASTRI ZAGO (Orientador(a) - Participação Virtual) do(a) Departamento de Educação Física / UNESP - Faculdade de Ciências de Bauru - SP, Profa. Dra. KARINA GRAMANI SAY (Participação Virtual) do(a) Departamento de Gerontologia / Universidade Federal de São Carlos - SP, Prof. Dr. FABIO AUGUSTO BARBIERI (Participação Virtual) do(a) Departamento de Educação Física / UNESP - Faculdade de Ciências de Bauru - SP. Após a exposição pela mestranda e arguição pelos membros da Comissão Examinadora que participaram do ato, de forma presencial e/ou virtual, a discente recebeu o conceito final: **__APROVADA__**.

Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que após lida e aprovada, foi assinada pelo(a) Presidente(a) da Comissão Examinadora.

Profa. Dra. PAULA FAVARO POLASTRI ZAGO

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

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiro a Deus, por me sustentar em todos os momentos, derramando sobre mim suas bênçãos.

Aos meus pais, Sônia e Edgar e meu irmão Fabio, obrigada pelos ensinamentos e sacrifícios realizados nessa caminhada. Especialmente, por me incentivarem e me darem todo o apoio necessário.

Aos amigos que permanecerem em minha vida, agradeço imensamente. Vocês são exemplos para mim e não conseguiria sem a ajuda de vocês.

A todos os integrantes do LIVIA agradeço pelos seus ensinamentos e pela ajuda no dia a dia, que vocês continuem nessa jornada e consigam todo o sucesso do mundo.

A minha orientadora Paula e ao professor Sérgio, muito obrigada por transmitirem todo seu conhecimento, pela ajuda nos momentos de desespero e pela compreensão.

A todos os envolvidos, o meu muito obrigada.

RESUMO

As quedas são uma das principais causas de morbidade e mortalidade na população idosa. Aumento na incidência de quedas tem sido associado à deterioração no controle do olhar e da postura impactando os mecanismos de integração multissensorial. Idosos caidores apresentam maiores oscilações corporais e exibem redução nos movimentos sacádicos dos olhos quando comparados aos idosos não caidores. Neste contexto, estudos têm apontado que tanto as informações visuais contidas na retina quanto aquelas advindas dos movimentos dos olhos influenciam as respostas posturais dos idosos. No entanto, apesar da importância da estabilização visual para o controle da postura, há uma escassez de informação sobre se haveriam comprometimentos nos mecanismos visuais para o controle da postura em idosos com histórico de quedas. Portanto, o objetivo do presente estudo foi investigar o efeito dos movimentos dos olhos no controle postural e no desempenho do olhar de idosos caidores e não-caidores frente à diferentes tarefas visuais e manipulações do fluxo óptico. Quinze idosos não caidores (69,8 anos, \pm 3,2) e quinze idosos caidores (71,1 anos, \pm 6,4) realizaram, inicialmente, as avaliações, Berg Balance Scale, (BBS) e Falls Efficacy Scale International (FES-I), a fim de caracterização da amostra. Posteriormente, os mesmos foram solicitados a permanecer sobre a plataforma de força, dentro de uma sala-móvel, utilizando um rastreador ocular. Foram realizadas quatro tarefas visuais, com diferentes demandas atencionais: alvo estacionário (fixação); alvo previsível e alvo imprevisível (movimentos sacádicos dos olhos); e olhar livre. Os participantes deveriam direcionar os olhos ao alvo (três primeiras tarefas) ou olhar livremente para a cena visual. A frequência de aparecimento do alvo nas tarefas sacádicas de alvo previsível e imprevisível foi de 1,1 Hz. Dezesesseis tentativas foram divididas em dois blocos, sendo que no primeiro bloco a sala permaneceu estacionária e, no segundo, a sala foi oscilada com amplitude de 0,6 cm e frequência de 0,2 Hz. Em ambos os blocos, foram realizadas, aleatoriamente, duas tentativas de cada tarefa visual. Para analisar o perfil dos participantes foram computadas as médias e desvios-padrão dos resultados da Escala de Berg e do FES-I. Para analisar o desempenho do controle postural durante a realização das tarefas visuais, nas condições de sala estacionária e sala móvel, foi calculada a amplitude média de deslocamento do COP, nas direções antero-posterior (AP) e médio-lateral (ML). Para verificar o acoplamento entre o deslocamento do centro de pressão (COP) e o movimento da sala foram calculadas as variáveis dependentes: ganho, fase e coerência entre o deslocamento do COP e o movimento da sala; e a variabilidade de posição e velocidade do COP. Para analisar o

comportamento do olhar nas tarefas visuais, foram calculadas as variáveis: número de fixações, duração média das fixações, variabilidade da fixação do olhar, tempo de resposta do olho e os erros sacádicos, sendo estas duas últimas apenas para as tarefas de alvo previsível e imprevisível. Foram realizadas análises de variância (ANOVAs) com medidas repetidas para cada variável dependente. Os resultados mostraram atenuação da oscilação corporal de ambos os grupos (idosos caidores e não caidores) nas tarefas sacádicas de alvo previsível e alvo imprevisível em comparação às tarefas de alvo estacionário e olhar livre durante a condição de sala estacionária. No entanto, durante a condição de sala móvel, apenas os idosos caidores reduziram a magnitude de oscilação corporal. Ainda, a oscilação corporal de idosos caidores foi mais fortemente acoplada ao movimento da sala e com maior variabilidade de posição em comparação aos idosos não caidores. Porém, as tarefas sacádicas reduziram a influência da estimulação visual sobre a oscilação corporal similarmente em ambos os grupos. Com relação ao comportamento dos olhos nas tarefas visuais, idosos caidores mostraram maior variabilidade de fixações e nenhuma modulação no tempo de resposta do olho durante tarefas sacádicas. Pode-se concluir que os movimentos sacádicos dos olhos reduzem a influência da estimulação visual na oscilação corporal de idosos, independentemente de seu histórico de quedas. No entanto, nota-se que os idosos caidores possuem maior deterioração do controle postural e oculomotor o que pode ser usado como um preditor para o risco de quedas nesta população.

Palavras Chave: Posição do olhar, Fluxo optico, Controle postural, Envelhecimento, Acidente por quedas.

ABSTRACT

Falls are one of the main causes of morbidity and mortality in the older population. An increase in the incidence of falls has been associated with deterioration of visual and postural control, impacting the mechanisms of multisensory integration. Falling older people present greater body oscillations and exhibit a reduction in saccadic eye movements when compared to the non-falling older individuals. In this context, studies have pointed out that both visual information contained in the retina and stimuli from eye movements influence postural responses on the older people. However, despite the significance of visual stabilization on posture control, there is a lack of evidence on whether there would be an impairment of the visual mechanisms for postural control in older people with a history of falls. Therefore, the aim of the present study was to investigate the effect of eye movements on postural control and the performance of gaze of elderly fallers and non-fallers exposed to different visual tasks and manipulations of the optical flow. Fifteen non-falling elderly (69.8 years old, ± 3.2) and fifteen falling elderly people (71.1 years old, ± 6.4) initially performed the Berg Balance Scale, (BBS) and Falls Efficacy Scale International (FES-I), in order to characterize the sample. Subsequently, they were asked to remain on the force platform, inside a moving room, using an eye tracker. Four visual tasks were performed, with different attentional demands: stationary target (fixation); predictable target and unpredictable target (saccadic eye movements); and free gaze. Participants should direct their eyes to the target (first three tasks) or look freely at the visual scene. The frequency of appearance of the target in the saccadic tasks of a predictable and unpredictable target was 1.1 Hz. Sixteen attempts were divided into two blocks, with the first block the room remained stationary and, in the second block, the room was oscillated with amplitude 0.6 cm and frequency of 0.2 Hz. In both blocks, two trials were made at random for each visual task. To analyze the profile of the participants, the means and standard deviations of the results of the Berg Scale and the FES-I were computed. To analyze the performance of postural control during the performance of visual tasks, in the conditions of stationary room and moving room, the mean amplitude of displacement of the COP was calculated, in the anterior-posterior (AP) and medial-lateral (ML) directions. To check the coupling between the displacement of the center of pressure (COP) and the movement of the room, the dependent variables were calculated: gain, phase and coherence between the displacement of the COP and the movement of the room; and the variability of position and speed of the COP. To analyze the gaze behavior in visual tasks, the variables were calculated: number of fixations, average

duration of fixations, variability of fixation of the gaze, response time of the eye and the saccadic errors, the latter two being only for the predictable and unpredictable target tasks. Analysis of variance (ANOVAs) was performed with repeated measures for each dependent variable. The results revealed an attenuation of the body oscillation of both groups (elderly fallers and non-fallers) in saccadic tasks of predictable target and unpredictable target in comparison to tasks of stationary target and free gaze during the condition of stationary room. However, during the condition of a moving room, only the older fallers reduced the magnitude of body sway. Yet, the body oscillation of older fallers was more strongly related to the movement of the room and with greater position variability when compared to the non-fallers group. However, saccadic tasks reduced the influence of visual stimulation on body sway similarly in both groups. Regarding the behavior of the eyes in visual tasks, older fallers presented greater variability of fixations and no modulation in the response time of the eye during saccadic tasks. It can be concluded that saccadic eye movements reduce the influence of visual stimulation on the body sway of the elderly, regardless of their history of falls. However, it is noted that older fallers have greater deterioration in postural and oculomotor control, which can be used as a predictor for the risk of falls in this population.

Keywords: Gaze position , Optical flow; Postural Control , Aging, Falls accident.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Valores médios (\pm desvios-padrão) da pontuação da Escala de Equilíbrio de Berg e do Escala FES-I obtidas por ambos os grupos de idosos, caidores e não caidores	43
---	----

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Figura ilustrativa da situação experimental mostrando a área da coleta, com o participante posicionado em pé sobre a plataforma de força, dentro da sala móvel. Nota: a parede lateral foi removida da figura para visualização do posicionamento do participante dentro da sala móvel 33
- Figura 2.** Valores médios e desvios-padrão da amplitude média de deslocamento do COP nas direções AP e ML de idosos caidores (círculo preto) e idosos não caidores (quadrado cinza), durante todas as tarefas visuais (fixação do olhar, tarefa sacádico com alvo previsível, tarefa sacádica com alvo imprevisível e olhar livre) em ambiente estacionário (sala parada). Símbolos: # indica o efeito principal de grupo; * indica o efeito principal de tarefa visual 44
- Figura 3.** Valores médios e desvios-padrão da amplitude média de deslocamento do COP nas direções AP e ML de idosos caidores (círculo preto) e idosos não caidores (quadrado cinza), durante todas as tarefas visuais (fixação do olhar, tarefa sacádico com alvo previsível, tarefa sacádica com alvo imprevisível e olhar livre) em ambiente estacionário (sala parada). Símbolos: # indica o efeito principal de grupo; * indica o efeito principal de tarefa visual; + indica interação entre grupo e tarefa visual 45
- Figura 4.** Exemplares de séries temporais da oscilação corporal (painéis A-H) de um idoso caidor (coluna da esquerda) e um idoso não caidor (coluna da direita) durante as tarefas de olhar livre, fixação do olhar, tarefa sacádica com alvo previsível e tarefa sacádica com alvo imprevisível, nas condições de sala parada (painéis A, C, E, G) e sala móvel (painéis B, D, F, H). As linhas claras representam a trajetória da sala e as linhas escuras representam o deslocamento do COP 46
- Figura 5.** Valores médios e desvios-padrão da magnitude da coerência entre o estímulo visual, proveniente da sala móvel e o deslocamento do COP de idosos caidores (círculo preto) e idosos não caidores (quadrado cinza) durante todas as tarefas visuais (fixação do olhar, tarefa sacádico com alvo previsível, tarefa sacádica com alvo imprevisível e olhar livre). Símbolo * indica o efeito principal de tarefa visual 47
- Figura 6.** Valores médios e desvios-padrão do ganho e da fase entre o estímulo visual, proveniente dos movimentos da sala e o deslocamento do COP de idosos caidores (círculo preto) e idosos não caidores (quadrado cinza) durante todas as tarefas visuais (fixação do olhar, tarefa sacádica com alvo previsível, tarefa sacádica com alvo imprevisível e olhar livre). Símbolo * indica o efeito principal de tarefa visual 48

- Figura 7.** Valores médios e desvios-padrão da variabilidade de posição e variabilidade de velocidade de deslocamento do COP de idosos caidores (círculo preto) e idosos não caidores (quadrado cinza), durante todas as tarefas visuais (fixação do olhar, tarefa sacádica com alvo previsível, tarefa sacádica com alvo imprevisível e olhar livre). Símbolos: # indica o efeito principal de grupo; * indica o efeito principal de tarefa visual 49
- Figura 8.** Exemplos de séries temporais dos movimentos dos olhos (painéis A-H) de um idoso caidor (coluna da esquerda) e um idoso não caidor (coluna da direita) durante as tarefas de olhar livre, fixação do olhar, tarefa sacádica com alvo previsível e tarefa sacádica com alvo imprevisível, nas condições de sala parada (painéis A, C, E, G) e sala móvel (painéis B, D, F, H). As linhas claras representam a trajetória da sala e do alvo e as linhas escuras representam o deslocamento do COP e os movimentos dos olhos 50
- Figura 9.** Valor médio e desvios-padrão do número total de fixações de idosos caidores (círculo preto) e idosos não caidores (quadrado cinza), durante todas as tarefas visuais (fixação do olhar, tarefa sacádica com alvo previsível, tarefa sacádica com alvo imprevisível e olhar livre). Símbolo: * indica o efeito principal de tarefa 51
- Figura 10.** Valor médio e desvios-padrão da duração média das fixações de idosos caidores (círculo preto) e idosos não caidores (quadrado cinza), durante todas as tarefas visuais (fixação do olhar, tarefa sacádica com alvo previsível, tarefa sacádica com alvo imprevisível e olhar livre). Símbolo: * indica o efeito principal de tarefa visual 52
- Figura 11.** Valores médios e desvios-padrão da variabilidade de localização das fixações de idosos caidores (barra preta) e idosos não caidores (barra cinza), durante todas as tarefas visuais (fixação do olhar, tarefa sacádica com alvo previsível, tarefa sacádica com alvo imprevisível e olhar livre), nas condições de sala parada e sala móvel. Símbolo: + indica interação entre grupo e tarefa visual 53
- Figura 12.** Valores médios e desvios-padrão do tempo de resposta dos olhos de idosos caidores (barra preta) e idosos não caidores (barra cinza), durante as tarefas sacádicas (com alvo previsível e alvo imprevisível), nas condições de sala parada e sala móvel. Símbolos: * indica o efeito principal de tarefa visual; + indica interação entre grupo e tarefa visual 54
- Figura 13.** Valores médios e desvios-padrão dos erros sacádicos de idosos caidores (barra preta) e idosos não caidores (barra cinza), durante as tarefas sacádicas com alvo previsível e alvo imprevisível, nas condições de sala parada e sala móvel. Símbolo: * indica o efeito principal de tarefa visual 55

SUMÁRIO

RESUMO	7
ABSTRACT	9
1 INTRODUÇÃO	13
2 REVISÃO DE LITERATURA	16
2.1 ENVELHECIMENTO, QUEDAS E O FUNCIONAMENTO DO SISTEMA DE CONTROLE POSTURAL DE IDOSOS	16
2.2 ALTERAÇÕES NA DINÂMICA DO SISTEMA DE CONTROLE POSTURAL DE IDOSOS	21
2.3 RELAÇÃO ENTRE O CONTROLE DO OLHAR E DA POSTURA EM IDOSOS	24
3 OBJETIVOS E HIPÓTESES GERAIS	28
3.1 OBJETIVO GERAL	28
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	28
3.3 HIPÓTESES	28
4 MÉTODOS	30
4.1 PARTICIPANTES	30
4.2 AVALIAÇÕES	31
4.2.1 Escala de Equilíbrio de Berg (Berg Balance Scale)	31
4.2.2 Falls Efficacy Scale International (FES-I)	31
4.2.3 Escala Optométrica de SNELLEN	32
4.3 PROCEDIMENTOS	32
4.4 CONDIÇÕES EXPERIMENTAIS	35
5 TRATAMENTO E ANÁLISE DOS DADOS	37
5.1 DESEMPENHO DO SISTEMA DE CONTROLE POSTURAL E ACOPLAMENTO ENTRE INFORMAÇÃO VISUAL E DESLOCAMENTO DO COP	37
5.1.1 Ganho	38
5.1.2 Fase	38
5.1.3 Variabilidade de posição/variabilidade de velocidade	39
5.1.4 Coerência	39
5.2 DESEMPENHO DO OLHAR	39
6 ANÁLISE ESTATÍSTICA	41
7 RESULTADOS	43
7.1 DESLOCAMENTO DO COP	43

7.1.1 Amplitude Média	43
7.2 ACOPLAMENTO ENTRE OS MOVIMENTOS DA SALA E O DESLOCAMENTO DO COP	45
7.2.1 Magnitude da coerência	46
7.2.2 Ganho e Fase	47
7.2.3 Variabilidade de posição e variabilidade de velocidade	48
7.3 COMPORTAMENTO DO OLHAR	49
7.3.1 Número de Fixações	50
7.3.2 Duração média das Fixações	51
7.3.3 Variabilidade da localização das fixações do olhar	52
7.3.4 Tempo de resposta dos olhos	53
7.3.5 Erros sacádicos	54
8 DISCUSSÃO	56
8.1 SÍNTESE DOS RESULTADOS	56
8.2 CARACTERIZAÇÃO DO PERFIL DE QUEDAS DOS IDOSOS	57
8.3 DESLOCAMENTO DO COP E COMPORTAMENTO DO OLHAR NA CONDIÇÃO DE SALA PARADA	59
8.4 EFEITO DA ESTIMULAÇÃO VISUAL SOBRE O DESLOCAMENTO DO COP E COMPORTAMENTO DO OLHAR	63
8.5 EFEITO DAS TAFERAS VISUAIS SOBRE O ACOPLAMENTO SENSORIO-MOTOR	65
8.6 COMPORTAMENTO DO OLHAR DURANTE AS TAREFAS VISUAIS SACÁDICAS	68
9 CONCLUSÃO	70
REFERÊNCIAS	71
ANEXO I – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)	83
ANEXO II – TESTE DE BERG BALANCE SCALE	87
ANEXO III – FALLS EFFICACY SCALE INTERNATIONAL (FES-I)	92
ANEXO IV – FICHA DE AVALIAÇÃO	94
ANEXO V – ESCALA OPTOMÉTRICA DE SNELLEN	96

1 INTRODUÇÃO

O aumento da expectativa de vida gerou um crescimento mundial na proporção de indivíduos com mais de 60 anos (LORD et al., 2001) e com ele se elevou a preocupação com a manutenção de um estilo de vida independente e autônomo e uma melhor qualidade de vida para a população idosa. Um dos maiores problemas enfrentados pelos idosos é o aumento da incidência de quedas. A ocorrência de quedas é, nos dias atuais, um dos principais fatores de mortalidade e morbidade em idosos, principalmente em função de suas consequências (i.e. fraturas, imobilizações, perda de mobilidade, dependência para realização de atividades da vida diária, entre outras) (MAIA et al., 2011).

Os fatores que levam ao aumento do número de quedas em idosos tem despertado interesse de muitos pesquisadores, sendo que os estudos sugerem que este aumento estaria relacionado tanto às alterações ocorridas no sistema de controle postural, principalmente na integração entre os sistemas sensoriais e motor (HORAK; MACPHERSON, 1996 ; WADE et al., 1995; TEASDALE, BARD, LARUE, & FLEURY, 1993) e na adaptação das respostas posturais às alterações nos estímulos sensoriais (BARELA et al., 2013; LOPES; RAZUK; BARELA, 2009; PRIOLI; FREITAS JÚNIOR; BARELA, 2005) quanto no controle do olhar na busca por informação visual disponível no ambiente (YANG et al., 2008; LEE et al., 2019)

Dentre alguns destes fatores, declínios nos sistemas sensoriais afetam a qualidade das informações disponíveis para o sistema nervoso central (SNC), levando a um mal desempenho no controle postural (BARELA et al., 2013). A função visual e o controle do movimento ocular, por exemplo, sofrem alterações com o avanço da idade que comprometem o uso adequado desta informação pelo SNC resultando em redução da estabilidade postural nos idosos. De maneira geral, alterações tais como deterioração da visão periférica, diminuição da acuidade visual, redução da amplitude e aumento da latência de movimento dos olhos (TOLEDO; BARELA, 2010; BUCCI & SEASSAU, 2014) podem levar a erros no julgamento de distâncias e induzir erros na movimentação do indivíduo no espaço, fazendo com que alguns idosos caiam com maior facilidade (YANG e KAPOULA; 2006). É importante destacar que idosos com histórico de quedas apresentam oscilações corporais maiores e mais influenciadas pelo estímulo visual (e.g. JEKA et al., 2010). Além disto, estes indivíduos apresentam redução nos movimentos sacádicos rápidos (entre 80 e 120 ms) quando comparados aos idosos sem histórico de quedas (YANG et al., 2008) o que poderia dificultar a rápida percepção de obstáculos no ambiente aumentando, assim, a probabilidade do idoso de sofrer quedas. Juntos estes estudos parecem

indicar algum comprometimento na busca e no uso por informações visuais em alguns indivíduos idosos que apresentam perfil de quedas. No entanto, pouco se sabe se esta maior instabilidade poderia estar associada à declínios nos mecanismos visuais de estabilização postural.

Vários estudos têm mostrado que existe uma estreita relação entre o controle do olhar e da postura na manutenção da posição corporal (GUERRAZ; BRONSTEIN, 2008; STOFFREGEN et al., 2006). As informações visuais contidas na retina (mecanismos aferentes) e aquelas advindas dos movimentos dos olhos (mecanismos eferentes e/ou reaferências visuais) interagem e influenciam as respostas posturais de adultos, idosos e crianças (e.g. STOFFREGEN et al., 2007; POLASTRI et al., 2019; AJREZO et al., 2013) Particularmente, o efeito dos movimentos dos olhos sobre a postura de idosos tem ganhado destaque e é interesse do presente estudo, especialmente, no que se refere aos idosos com histórico de quedas.

Os estudos têm revelado resultados controversos sobre o efeito dos movimentos dos olhos em idosos, independente do perfil de quedas, apontando tanto para uma atenuação na oscilação postural durante movimentos sacádicos orientados por um alvo (AGUIAR et al., 2015; YANG e KAPOULA, 2006) quanto para um aumento nas oscilações corporais e nos movimentos da cabeça durante tarefas sacádicas e de perseguição suave (THOMAS et al., 2016; POLASTRI et al., 2019) sendo estes resultados ora similares, ora diferentes de adultos jovens. Tem sido sugerido que estas discrepâncias seriam fruto da interação entre a complexidade/demanda envolvida nas tarefas visuais (por exemplo, frequência dos movimentos dos olhos, distância do alvo etc.) e os desafios impostos pelas bases de apoio (por exemplo, postura padrão, estreita ou semi-tandem) (e.g. BONNET et al., 2019; AGUIAR et al., 2015; BOULANGER et al., 2017; POLASTRI et al., 2019) indicando o quão complexa é a relação entre o controle da postura e do olhar em idosos.

Apesar da importância da estabilização visual para a manutenção da postura, há escassez de informações sobre possíveis comprometimentos no uso da informação visual proveniente da relação postura-olho, principalmente, em idosos com histórico de quedas. O fato dos mesmos apresentarem maiores déficits nos sistemas, postural e oculomotor, quando comparados aos idosos sem perfil de quedas, torna esta investigação ainda mais relevante. Portanto, o presente estudo busca investigar o efeito de diferentes tarefas visuais sobre o controle postural de idosos com e sem histórico de quedas frente a diferentes condições de estimulação visual (com e sem manipulação do fluxo óptico). Estes resultados poderão auxiliar no conhecimento dos fatores

que levam ao aumento da instabilidade postural em idosos podendo servir como preditores do risco de quedas nesta população.

Para fundamentar o objetivo proposto, a seguir serão, inicialmente, abordados os principais aspectos de funcionamento e adaptação do sistema de controle postural em idosos com e sem histórico de quedas. Posteriormente, será abordado o efeito dos movimentos dos olhos sobre a postura.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 ENVELHECIMENTO, QUEDAS E O FUNCIONAMENTO DO SISTEMA DE CONTROLE POSTURAL DE IDOSOS

O envelhecimento é um fenômeno complexo que atinge independentemente todos os seres humanos. É caracterizado como um processo gradual dinâmico, progressivo e irreversível, ligado intimamente a fatores biológicos, psíquicos e sociais (BRITO E LITVOC, 2004). Estudos apontam duas linhas teóricas principais que investigam o envelhecimento, sendo uma associada aos aspectos primários e outra aos aspectos secundários. A primeira está relacionada às características genéticas e à degradação do sistema nervoso; a segunda avalia a influência dos danos causados por fatores ambientais, como a poluição, a radiação, o estilo de vida, entre outros fatores (SHUMWAY-COOK E WOOLLACOTT, 2006).

O aumento da população de idosos vem crescendo substancialmente, existindo estimativas de que em 2050 a população mundial idosa será composta de aproximadamente dois bilhões de pessoas (WITTER et al., 2013). Em decorrência dessas modificações demográficas e das doenças associadas ao envelhecimento tem havido uma crescente sobrecarga e necessidade de atendimento dos serviços de saúde. Segundo o senso de 2019, o Ministério da Saúde do Brasil, através do banco de dados do Sistema Único de Saúde-**DATASUS**, indicou 24 mil óbitos de idosos e o número de internações hospitalares alcançou 144 mil (BRASIL, MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2019). Assim, com a maior demanda de atenção à saúde dos idosos, esforços têm sido direcionados no sentido de esclarecer os fatores que contribuem para um envelhecimento saudável (PÍCOLI; FIGUEIREDO; PATRIZZI, 2011).

O processo senil desencadeia diversas alterações fisiológicas, dentre as quais as relacionadas com o sistema vestibular, visual e o sistema proprioceptivo (somatossensorial) (ANDRADE et al., 2011). Além dessas mudanças, o ato de envelhecer também é caracterizado pela diminuição da massa, força e do número de fibras musculares, nas propriedades mecânicas e na arquitetura da unidade músculo-tendão, bem como perda do condicionamento físico, ocasionando graves consequências funcionais, sendo a queda a que oferece maior risco (BAUDRY; LECOEVRE; DUCHATEAU, 2011).

A queda, segundo a Classificação Internacional de Doenças (CID-10) é o acidente doméstico mais frequente e representa um grande problema para as pessoas idosas, dadas as suas repercussões, como lesões de partes moles, restrição prolongada no leito, hospitalização,

institucionalização, risco de doenças, incapacidade e até morte (MACHADO; GUIMARÃES; CARVALHO, 2012). Os acidentes são a quinta causa de morte entre os idosos e as quedas são responsáveis por dois terços destas mortes acidentais (VIANA SOARES, 2007). Dentre todas as complicações geradas pelas quedas, cerca de 64% estão relacionadas às fraturas. Estudos verificaram que a prevalência de fraturas na população idosa ocorre na região do quadril e do membro inferior sendo 50,25% das fraturas no colo do fêmur, seguido por diáfise femoral (15,57%) (MAIA et al., 2011). Estes tipos de fratura podem levar à diminuição da mobilidade e aumentar a instabilidade postural do idoso, conseqüentemente, comprometendo sua autonomia.

Por exemplo, Sherrington e Lord (1998) encontraram um aumento da oscilação postural, em 44 pacientes com fratura de quadril, com idades entre 64 e 94 anos, quando comparados a uma amostra correspondente de idosos não fraturados (SHERRINGTON; LORD, 1998). Surpreendentemente, estes déficits se estendem até aproximadamente, 4 anos após a fratura (SIHVONEN et al., 2009). Outros achados mostram problemas de mobilidade associados à diminuição da velocidade de caminhada, aumento do tempo de elevação da cadeira e piora do equilíbrio funcional em pacientes com fratura de quadril, com idades entre 50 e 64 anos, até 2 anos após a fratura (FREDMAN et al., 2005). Além disso, indivíduos que têm histórico de quedas (com e sem fraturas) apresentam, muitas vezes, medo de novas quedas o que leva à uma diminuição de suas atividades, provocando a síndrome da imobilidade.

As causas de ocorrência das quedas podem ser de origem intrínseca e extrínseca. As intrínsecas estão associadas com as características próprias do idoso e podem ser consideradas como as alterações comuns do envelhecimento (alterações na visão, audição, perda do equilíbrio, alterações na marcha, distúrbios proprioceptivos, distúrbios vestibulares, sedentarismo, deformidades nos pés), a presença de patologias específicas (cardiovasculares, neurológicas, endócrino-metabólicas, pulmonares), a utilização de determinados medicamentos (ansiolíticos, anti-hipertensivos, polifarmáticos, diuréticos), problemas de saúde mental, fatores socioculturais, baixa qualidade de vida e dependência nas atividades de vida diária (FABRÍCIO et al., 2004).

Já as características extrínsecas possuem relação com os aspectos ambientais e fatores relacionados à atividade que exerce no momento da queda. Por exemplo, alterações nas condições de iluminação e superfície de apoio do local, presença de móveis instáveis, escadas inclinadas, tapetes avulsos e carpetes mal adaptados, tacos soltos no chão, pisos encerados ou escorregadios, sofás, cadeiras e vasos sanitários muito baixos, camas altas, prateleiras de difícil

alcance, presença de animais domésticos pela casa, uso de chinelos ou sapatos em más condições ou mal adaptados, fios elétricos soltos e, todas as demais questões ambientais que possam expor os idosos a uma situação de instabilidade postural (PAPALÉO NETTO, 1996; ANDERSON, 2003).

Independentemente de sua origem, muitos estudos têm atribuído este dramático aumento no número de quedas ao declínio do desempenho do sistema de controle postural (e.g. TOLEDO; BARELA, 2010; LOPES; RAZUK; BARELA, 2009). De maneira geral, idosos apresentam maiores oscilações corporais, tanto de olhos abertos quanto fechados, quando comparados a adultos jovens (DASCAL, 2009; MANFIO; MUNIZ E RABELLO, 2005; HAY et al., 1996; HAGEMAN et al., 1995).

Considerando que o controle da postura é essencial em todas as nossas atividades de vida diária, é de extrema importância que um desempenho eficaz seja mantido ao longo dos anos. Controle postural é definido como um processo no qual o sistema nervoso central cria padrões de atividade muscular, solicitados para regular a relação entre o centro de massa corporal e a base de suporte (SHUMWAY-COOK & WOOLLACOTT, 2006). Assumindo que o controle postural possui dois objetivos comportamentais, denominados orientação e equilíbrio postural, e que esses objetivos são alcançados a partir de um intrincado e dinâmico relacionamento entre informação sensorial e atividade muscular, alterações no desempenho deste sistema poderiam ser resultado das mudanças que ocorrem com o passar dos anos nos sistemas sensoriais e motor (HORAK; MACPHERSON, 1996).

Três grandes sistemas sensoriais são responsáveis por fornecer informações ao sistema de controle postural, são eles: o sistema visual, o sistema vestibular e o sistema somatossensorial (NASHNER, 1981). Basicamente, estímulos provenientes desses canais sensoriais são integrados pelo sistema nervoso central (SNC), possibilitando a formação de um quadro de referência que pode ser utilizado para identificar o relacionamento entre os segmentos e a orientação destes em relação ao ambiente. Com isso, a atividade muscular específica é desencadeada, buscando manter ou alcançar a orientação e o equilíbrio postural desejado. Nas situações em que essa dependência mútua entre informação sensorial e ação motora é manifestada de forma regular, ocorre a formação do ciclo percepção-ação, que pode ser examinado para inferir como a informação sensorial é utilizada pelo sistema de controle postural (PRIOLI et al., 2006). Portanto, tais informações são importantes para entender aspectos do funcionamento do sistema de controle postural de idosos e poderiam ajudar a compreender como fornecer e manipular informação sensorial a idosos nas situações do dia-a-

dia ou no delineamento de protocolos de intervenção (LOPES, A.G; RAZUK, M.; BARELA, J. A., 2009).

A influência de diferentes fontes de informação sensorial no controle postural de idosos tem despertado interesse de diversos estudiosos (WADE et al., 1995; TEASDALE; BARD; LARUE & FLEURY, 1993). Por exemplo, WADE e colaboradores (1995), pioneiramente, examinaram a influência da manipulação da informação visual na oscilação corporal de adultos idosos, utilizando movimentos discretos de uma sala móvel e observaram que idosos apresentaram maiores oscilações corporais, quando comparados aos adultos jovens, frente às modificações do fluxo óptico provenientes do movimento desta sala. Os autores atribuíram estes resultados à diminuição da capacidade do sistema somatossensorial e vestibular em detectar movimentos corporais e sugeriram que os idosos necessitaram de mais informações visuais para o controle da postura (WADE et al., 1995).

Resultados similares foram observados por PRIOLI et al. (2006) que compararam o comportamento do sistema de controle postural e o relacionamento entre informação visual e oscilação postural entre adultos jovens e idosos, que foram submetidos a diferentes bases de suporte (normal, tandem e restrita), com os olhos abertos e fechados e com e sem movimentação contínua da sala móvel. Os resultados mostraram que os idosos apresentaram maior oscilação corporal do que os adultos jovens e foram mais influenciados pela manipulação da informação visual decorrente do movimento discreto e contínuo da sala, apenas na situação da base restrita. Os autores sugeriram que idosos possuem um controle postural menos estável, quando submetidos a um ambiente no qual uma modalidade sensorial é mais destacada (i.e. visual), apresentando, dificuldade em identificar e discriminar o conflito sensorial, o que leva a respostas posturais inadequadas às demandas do ambiente (PRIOLI; BARELA, 2006).

Corroborando os estudos anteriores, Toledo e Barela (2010) demonstraram que idosos apresentam resultados com desempenho inferior em testes sensoriais de acuidade visual e motores, além de não serem capazes de detectar a manipulação da informação visual como fazem os adultos jovens, o que indicaria que, embora o sistema de controle postural de idosos seja capaz de utilizar informação visual para manter e controlar a posição em pé, o uso da informação visual parece não ser tão refinado quanto em adultos jovens.

Interessante notar que estas alterações são ainda mais evidentes em idosos com histórico regular de quedas (ALLISON; KIEMEL; JEKA, 2006; ALLISON; KIEMEL; JEKA, 2018). Allison e colaboradores (2006) examinaram o repeso multissensorial em idosos saudáveis e propensos a quedas. Estes autores hipotetizaram que idosos saudáveis e propensos a quedas não

seriam capazes de repesar as informações sensoriais (visual e somatossensorial), assim como fazem os adultos jovens, o que poderia estar associado ao seu perfil de sofrer quedas. Para testar esta hipótese, selecionaram adultos jovens, idosos saudáveis e idosos propensos a quedas e os submeteram à situação experimental da "sala móvel multissensorial" que permitiu a manipulação de estímulos visuais e de toque (somatossensorial) durante a manutenção da posição em pé na base de suporte tandem. Oscilações médio-laterais da cena visual à frente do participante (frequência de 0,2 Hz) e de uma barra de toque, posicionada paralela ao participante (frequência de 0,28 Hz) foram realizadas em diferentes amplitudes simultaneamente, sendo na seguinte sequência: 8:2, 4:2, 2:2, 2:4, 2:8 (amplitude da barra de toque: amplitude do estímulo visual, respectivamente em mm). Adicionalmente, foi realizada uma bateria de testes clínicos a fim de caracterizar a população idosa quanto ao comprometimento cognitivo, sensorial e propensão a sofrer quedas.

Os resultados deste estudo mostraram que as respostas posturais aumentaram para os estímulos com menor amplitude, diminuindo para estímulos com maior amplitude, seja visual ou somatossensorial, caracterizando repeso sensorial. Ainda, este comportamento foi similar entre os grupos, sugerindo que idosos saudáveis e propensos a quedas demonstram respostas posturais adaptativas similares a adultos jovens. Os autores concluíram que o repeso sensorial central permanece intacto em idosos saudáveis e propensos a quedas, com sensação periférica suficientemente intacta (ALLISON; KIEMEL; JEKA, 2006).

Resultados recentes, no entanto, mostram que idosos com 70 anos ou mais, com histórico regular de quedas - caidores (ALLISON; KIEMEL; JEKA, 2018), submetidos aos mesmos procedimentos experimentais do estudo anterior, apresentam respostas posturais mais fortemente acopladas aos estímulos sensoriais (i.e., maiores valores de ganho entre informação visual e oscilação corporal) em comparação a idosos saudáveis sem histórico de quedas, embora sejam capazes de repesar as informações visuais e somatossensoriais. Haibach e colaboradores (2008) confirmaram este comportamento e sugeriram que a maior influência da informação visual sobre as oscilações corporais de idosos caidores poderia ser utilizada como um preditor para maior incidência de quedas nestes indivíduos. Interessantemente, resultados recentes de Allison e colaboradores (2018) apontaram que 16 sessões de exercícios específicos de equilíbrio, visando especificamente mecanismos de integração multissensorial, com desafios posturais/sensoriais, reduziram a influência dos estímulos sensoriais para níveis similares a de idosos saudáveis sem histórico de quedas e, ainda, melhoraram escores de testes funcionais tais

como Escala de Equilíbrio de Berg, Teste de Organização Sensorial, Teste de Limites de Estabilidade e escores de força de membros inferiores.

Em suma, estes estudos trazem indicativos de que idosos caidores, ou seja, com histórico regular de quedas, apresentam alterações no acoplamento sensório-motor (forte influência do estímulo sensorial) sendo que, embora eles sejam capazes de atribuir diferentes pesos às informações sensoriais, eles mantêm respostas posturais mais fortemente acopladas aos estímulos que se destacam no ambiente quando comparados à idosos não caidores e adultos jovens, o que pode não ser uma estratégia eficiente, já que relacionamentos coerentes, porém, flexíveis entre informação sensorial e ação motora são necessários para ajustar adequadamente as respostas posturais às constantes mudanças no ambiente sensorial.

A seguir serão abordados aspectos relacionados à dinâmica do sistema de controle postural em idosos e os fatores que interferem no acoplamento sensório-motor.

2.2 ALTERAÇÕES NA DINÂMICA DO SISTEMA DE CONTROLE POSTURAL DE IDOSOS

Devido às constantes mudanças que ocorrem com as informações sensoriais disponíveis no meio, o sistema de controle postural é capaz de identificar e selecionar dentre as fontes sensoriais disponíveis, aquelas que fornecem as informações mais confiáveis para detectar a posição e velocidade corporal (CARVER; KIEMEL; JEKA, 2006). Em geral, o SNC cria uma dinâmica de atribuição de pesos entre as informações sensoriais: maximizando as respostas posturais para fontes de informações precisas sobre o ambiente e minimizando para fontes de informação percebidas como conflitantes ou imprecisas (JEKA; ALLISON; KIEMEL, 2010; JEKA; OIE; KIEMEL, 2000). No entanto, tem sido apontado que alguns fatores tais como, intenção, mudanças abruptas nos parâmetros do estímulo visual, realização de tarefas concomitantes à manutenção da postura, dentre outros, podem alterar o comportamento de idosos modificando a forma como utilizam dicas visuais para controlar a postura.

Por exemplo, Lopes, Razuk e Barela (2009) examinaram o papel da intenção em reduzir a influência de uma informação sensorial por meio do paradigma da sala móvel. Participaram do estudo 20 idosos que permaneceram em pé dentro de uma sala móvel e foram divididas em dois grupos com diferentes velocidades do estímulo visual. Para dez participantes, a velocidade de pico da movimentação foi de 0,6 cm/s e, para os outros 10 participantes, de 1,0 cm/s. Foram realizadas sete tentativas com as respectivas velocidades de cada grupo, no entanto, na quinta

tentativa, as participantes foram informadas sobre o movimento da sala e orientadas a resistir à movimentação. Os resultados indicaram que a intenção em reduzir a influência do estímulo visual e a alteração da característica do estímulo visual reduziram o acoplamento sensório-motor das idosas. Porém, a manipulação das propriedades do estímulo visual (i.e. velocidade) foi menos efetiva do que a intenção em reduzir a oscilação. Os autores sugeriram que essa maior dependência da intenção para alterar a influência de um estímulo sensorial no controle postural indica que o funcionamento do sistema de controle postural em idosos não possibilita ajustes “automáticos” de respostas posturais frente a pequenas variações das condições ambientais e que, portanto, informações verbais sobre tais variações podem ser direcionadas de forma a compensar essa diferença (LOPES; RAZUK; BARELA, 2009). Este estudo trouxe um aspecto muito interessante ao mostrar que para esta população, a intenção em resistir às mudanças no fluxo óptico, seguindo a instrução do avaliador, foi mais efetiva em reduzir a influência do estímulo visual do que simplesmente o conhecimento sobre as características deste estímulo (movimento da sala). Estes resultados parecem indicar que, no caso dos idosos, houve a necessidade de maior esforço cognitivo/atencional para desacoplar a um estímulo visual ilusório disponível no ambiente, trazendo indicativos de um possível envolvimento de processos atencionais no relacionamento entre informação sensorial e oscilação corporal.

Aspectos da dinâmica de adaptação do sistema de controle postural em idosos foram examinados por outros estudos (BARELA et al., 2013; LOPES; RAZUK; BARELA, 2009; PRIOLI; FREITAS JÚNIOR; BARELA, 2005). Por exemplo, Barela e colaboradores (BARELA et al., 2013) investigaram as respostas posturais adaptativas alterando a amplitude do estímulo visual sem o conhecimento prévio sobre o movimento da sala e observaram que, embora apresentassem respostas similares a adultos jovens, o acoplamento sensório-motor dos idosos foi mais acentuado, com valores de ganho maiores entre o estímulo visual e as oscilações corporais do que o de adultos jovens. Ainda, embora tenham reduzido a influência do estímulo visual na tentativa de aumento da amplitude do estímulo visual, suas respostas posturais foram menos adaptativas nas tentativas posteriores com valores de ganho maiores do que os apresentados por adultos jovens.

Além disto, outros estudos evidenciaram que artefatos atencionais e a realização de tarefas concomitantes à manipulação dos estímulos visuais (SANCHES et al., 2015; AGUIAR et al., 2015; PRIOLI et al., 2006) provocaram alterações na dinâmica intrínseca do sistema de controle postural. Tarefa concomitante é definida pela realização simultânea de uma tarefa primária, geralmente postural, em associação com outras tarefas, chamadas secundárias, que

podem ser cognitivas, motoras ou motoras-cognitivas. Sabe-se que a maioria das quedas em idosos ocorre quando estão realizando uma tarefa dinâmica (e.g. andando) ao mesmo tempo em que estão realizando uma tarefa secundária porque a tarefa dupla aumenta a demanda motora necessária para manter o equilíbrio, acarretando na redução do automatismo (MELZER et al., 2001). Por conta desta característica, tem sido sugerido que a avaliação do equilíbrio em idosos deve incluir a capacidade de realização de tarefas duplas (BARBOSA et al., 2008).

Sanches e colaboradores (2015) verificaram a influência da tarefa dupla no acoplamento sensorio-motor em idosos. Os participantes foram submetidos à situação experimental da sala móvel. Nas quatro primeiras tentativas, os participantes não foram informados sobre o movimento da sala e em duas dessas tentativas, eles também realizaram contagem decrescente com intervalo de 3 valores (100, 97, ...), sendo está denominada de tarefa dupla. Nas últimas quatro tentativas, os participantes foram informados sobre o movimento da sala e em duas destas tentativas, tiveram que realizar a contagem dos números. Os resultados deste estudo indicaram que as oscilações corporais de adultos jovens e idosos foram correspondentes ao movimento da sala e diminuíram quando a informação sobre este movimento foi fornecida. No entanto, idosos não foram influenciados pela informação sobre o movimento da sala e pela realização da tarefa dupla, bem como os adultos que, por sua vez, reduziram a influência do estímulo visual quando foram informados sobre o movimento da sala, mas aumentaram com a realização da tarefa dupla. Assim, os autores concluíram que idosos não conseguem alterar o relacionamento entre informação sensorial e oscilação corporal, decorrente de demanda atencional (informação sobre o movimento da sala), como é observado em adultos jovens e ainda observaram que nesta situação, o acoplamento entre informação visual e oscilação corporal é mais forte nessa população (SANCHES; GENOVES; BARELA, 2015).

Alguns estudos têm utilizado a tarefa de movimentar os olhos em direção à um alvo como uma tarefa concomitante à manutenção da postura em pé (*dual task*) e examinado como os mecanismos visuais a partir de informação visual de deslizamento da imagem na retina e informação extraretinal proveniente dos movimentos dos olhos são integrados pelo SNC para estabilizar a postura durante as trocas de posição do olhar (e.g. STOFFREGEN et al., 2006; BOULANGER et al., 2017). Luna e colaboradores (2018) apontam que os movimentos voluntários dos olhos requerem o uso de processos cognitivos de alta-ordem cujas atividades neurais podem ser identificadas quando o cérebro comanda a antecipação de respostas planejadas dos olhos (LUNA et al., 2008). Considerando esta característica, estudos têm mostrado que tarefas visuais com diferentes demandas atencionais (i.e., fixação de alvo,

movimentos sacádicos guiados pelo alvo ou olhar livre) produzem diferentes efeitos sobre a postura e que este comportamento estaria relacionado ao desempenho das trocas orientadas do olhar durante estas tarefas (BONNET et al., 2016). Para melhor aprofundamento destes resultados, a seguir serão abordados estudos sobre o efeito dos movimentos dos olhos sobre o controle postural e o efeito do envelhecimento nesta relação postura-olho. É importante ressaltar, entretanto, que não se tem conhecimento de estudos que tenham examinado a influência de realizar tarefas envolvendo os movimentos dos olhos em indivíduos idosos que tenham perfil de caidores e, menos ainda, durante condições de manipulação do fluxo óptico, deixando uma lacuna sobre este conhecimento.

2.3 RELAÇÃO ENTRE O CONTROLE DO OLHAR E DA POSTURA EM IDOSOS

A literatura mostra que a contribuição do sistema visual na estabilização da postura não está restrita somente às informações de deslocamentos das imagens na retina provenientes de mudanças no fluxo óptico (KAPOULA & LÊ, 2006). O comportamento dos olhos na busca por informações visuais, por meio de fixações, movimentos sacádicos (THOMAS et al., 2016) e perseguição suave (LAURENS et al., 2010), também pode influenciar o controle da postura (GLASAUER ET AL., 2005; STOFREGEN et al. 2007; RODRIGUES ET AL., 2015). Por meio dos movimentos dos olhos, o sistema visual traz e mantém a informação do ambiente sobre a fóvea, permitindo a entrada de luz que será transformada em impulso elétrico e enviada para o cérebro fazer a interpretação da cena (RODRIGUES, VICKERS & WILLIAMS, 2002).

Dentre os comportamentos realizados pelos olhos, os movimentos sacádicos são movimentos rápidos (velocidade média de 500°/s) (LEIGH & ZEE, 2006) que são realizados para fixar outro aspecto do campo visual que seja considerado mais importante para a ação a ser realizada. Esse movimento tem sido descrito em termos de sua latência, acurácia e pico de velocidade dos olhos (SALMAN ET AL, 2006; IRVING ET AL, 2006). Um aspecto importante é que durante os movimentos sacádicos ocorre a supressão sacádica, que é uma queda na acuidade visual devido à grande velocidade de deslocamento da imagem na retina. Geralmente, a supressão sacádica ocorre no intervalo de tempo entre dois alvos de fixação, sendo que o detalhamento da imagem é perdido momentaneamente (REY ET AL, 2008). Existem evidências de que a supressão sacádica precede os movimentos sacádicos dos olhos em 30-40 ms tendo em vista que o sistema visual é informado sobre os comandos que levarão ao

movimento do olho e “disconta/suprime” os deslocamentos da imagem na retina resultantes deste movimento (ROSENBAUM, 2010).

Alguns estudos têm investigado o comportamento do olhar durante o desenvolvimento demonstrando que a latência dos movimentos sacádicos (i.e. tempo entre o deslocamento do alvo e início do movimento do olho) é reduzida ao longo dos anos sendo que os circuitos neurais responsáveis por movimentos sacádicos acurados e rápidos estão presentes já em crianças de 6 anos de idade (BUCCI & SEASSAU, 2014) tornando-se similar ao adulto por volta dos 12 anos (FUKUSHIMA ET AL, 2000; BUCCI & SEASSAU, 2014).

Com o avançar da idade, os estudos indicam que muitas estruturas motoras e pré-motoras envolvidas no movimento dos olhos parecem não ser afetadas com o envelhecimento (TIAN ET AL., 2000; HENSON, STAUNTON, BRETT, 2003), no entanto, observa-se que em tarefas oculomotoras, idosos apresentam latência dos movimentos dos olhos com atrasos maiores do que o de adultos jovens, principalmente se esse alvo estiver mais longe do centro da tela de visualização (YANG, KAPOULA, 2006). Interessantemente, idosos com histórico de quedas apresentam alterações no controle do olhar quando comparados aos idosos sem este perfil. Um dos poucos estudos a examinarem o controle do olhar em idosos caidores foi o estudo de Yang e colaboradores (2008). Pioneiramente, este estudo demonstrou que a latência dos movimentos sacádicos horizontais, do tipo expressa (i.e. entre 80 e 120 ms), é rara ou está ausente em idosos com histórico de quedas em comparação a idosos saudáveis indicando uma diminuição na capacidade de iniciar movimentos sacádicos rápidos (i.e. 121 a 150 ms). Esta característica poderia dificultar a capacidade de rapidamente detectar obstáculos no espaço aumentando o risco de quedas nestes indivíduos. Os resultados destes estudos evidenciam, portanto, que idosos caidores apresentam um comportamento do olhar diferente, bem como latências mais prolongadas durante as sacadas quando comparados a idosos não-caidores.

Como mencionado anteriormente, executar tarefas visuais que envolvam os movimentos dos olhos influenciam as oscilações corporais. Apesar das evidências de maiores déficits nos sistemas postural e oculomotor de idosos caidores, não há conhecimento na literatura sobre a relação postura-olho nestes indivíduos. De maneira geral, os estudos que investigaram o efeito dos movimentos sacádicos sobre a postura de idosos, sem distinção sobre o perfil de quedas, apontaram que a estabilidade postural destes indivíduos se altera, porém, muitas vezes, os resultados são diferentes dos observados em adultos jovens. Por exemplo, Aguiar e colaboradores (2015) apontaram que as oscilações (cabeça e tronco) de idosos foram reduzidas durante os movimentos sacádicos horizontais dos olhos em diferentes frequências

(0,5 Hz e 1,1 Hz) em comparação à condição de fixação do olhar. No entanto, diferentemente de adultos jovens, idosos não modularam suas respostas posturais quando foram solicitados a permanecer em pé em diferentes bases de suporte (ampla e estreita), isto é, não foram capazes de aumentar as oscilações corporais quando estavam em base ampla como fizeram os adultos jovens.

Em adição, Kapoula e Lê (2006) demonstraram que idosos oscilaram mais do que adultos jovens em tarefas de fixação e movimentos sacádicos verticais e que essa diferença foi maior quando eram posicionados na distância de 400 cm de visualização do alvo. Já Gotardi e colaboradores (2018) investigaram o efeito da direção do olhar durante a manutenção da posição em pé em diferentes bases de apoio e observaram que os movimentos sacádicos, em ambas as direções, horizontal e vertical, não reduziram as oscilações corporais de idosos como observado em adultos jovens, sugerindo que o envelhecimento diminui a capacidade de executar ajustes posturais necessários à execução da tarefa visual contribuindo, assim, para um comportamento mais instável nestes indivíduos.

Recentemente, Polastri e colaboradores (2019) examinaram, especificamente, a relação entre as características das tarefas visuais e a complexidade das bases de suporte sobre os deslocamentos do COP e movimentos da cabeça de adultos jovens e idosos ($71,6 \pm 3,1$ anos). Neste estudo, os participantes permaneceram em pé sobre uma plataforma de força, usando um rastreador ocular (*eye tracker*) na cabeça e foram solicitados a realizar três tarefas visuais (fixação, sacadas horizontais e verticais) enquanto permaneciam em duas condições de base de suporte (bipodal normal e *semi-tandem stance*). Os resultados demonstraram que os idosos apresentaram maior amplitude e velocidade do COP (ML), bem como maior amplitude de movimentos da cabeça (ML) quando comparados aos adultos jovens durante a base *semi-tandem*. Inesperadamente, as tarefas sacádicas, nas direções horizontal e vertical, aumentaram os movimentos da cabeça em ambos os grupos quando comparadas à tarefa de fixação do alvo, mas apenas na base de tarefa postural de maior complexidade (base de apoio *semi-tandem*). Neste estudo também foram observadas alterações no comportamento do olhar de idosos. Os resultados mostraram maior variabilidade da latência do olhar dos idosos somente durante as sacadas verticais. Os autores concluíram que as tarefas posturais e visuais mais desafiadoras (base semi-tandem e sacadas verticais) podem gerar diferentes ajustes no controle da postura e do olhar, especialmente em idosos sugerindo alguma deterioração na relação postura-olho com o envelhecimento (POLASTRI et al., 2019).

Em discordância com os estudos anteriores, Thomas e colaboradores (THOMAS et al., 2016) não observaram efeito estabilizador em todas as tarefas visuais e este resultado foi similar entre adultos jovens e idosos. Neste estudo, os participantes foram solicitados a realizar as tarefas de fixação do olhar, perseguição suave e movimentos sacádicos direcionados a um alvo em diferentes combinações de fundos visuais (ausente, fixo e oscilante) a fim de gerar diferentes formas de fluxo retiniano. Os resultados mostraram que para ambos os grupos, a combinação das condições de fundo fixo e fixações do olhar resultou na atenuação da oscilação postural, enquanto que a combinação de fundo oscilante e perseguições suaves resultou no aumento da oscilação postural. Neste caso, o fundo fixo gerou um efeito estabilizador por fornecer quadros de referência que orientaram os ajustes posturais. Já o efeito destabilizador gerado por um fundo oscilante e perseguições suaves pode estar relacionado às características mais desafiadoras desta tarefa dificultando a percepção da posição e orientação corporal. Com relação à similaridade das respostas posturais e desempenho ocular de idosos e adultos jovens, os autores concluíram que os idosos apresentaram um nível cognitivo e de funcionamento físico que possibilitaram adequada integração sensorial de pistas visuais para o sistema de controle postural e respostas musculoesqueléticas para manter a posição em pé, respectivamente. É importante destacar que este é um dos poucos estudos que estimulou ambos os mecanismos visuais (movimentos dos olhos e fluxo óptico) em idosos. Porém, infelizmente, não há informação sobre como os participantes responderam especificamente à manipulação do fluxo óptico (fundo oscilante) e se esta estimulação visual interferiu no efeito da tarefa visual sobre a postura.

Juntos, todos estes estudos trazem evidências que o processo natural do envelhecimento gera declínios e adaptações nos sistemas postural e oculomotor que, por algumas vezes, podem dificultar o relacionamento entre os movimentos dos olhos e o controle da postura. Tendo em vista as características destes sistemas em idosos com histórico de quedas, uma pergunta que surge é: Será que a relação postura-olho estaria comprometida nestes indivíduos, levando-os a apresentar maior dificuldade para controlar a postura? Qual o efeito dos movimentos dos olhos sobre a dinâmica intrínseca de funcionamento do sistema de controle postural de idosos com e sem histórico de quedas? Tarefas visuais envolvendo maior demanda atencional afetariam mais fortemente os idosos com histórico de quedas? Para responder a estas questões, o presente estudo propõe investigar o efeito dos movimentos dos olhos sobre o controle postural de idosos caidores e não-caidores expostos a diferentes condições de tarefas visuais e manipulações do

fluxo óptico. Adicionalmente, são investigadas possíveis diferenças entre estes indivíduos, nas estratégias do olhar durante a execução de tarefas visuais com diferentes demandas atencionais.

3 OBJETIVOS E HIPÓTESES GERAIS

3.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo do presente estudo foi investigar o efeito dos movimentos dos olhos sobre o funcionamento do sistema de controle postural e o desempenho do olhar de idosos caidores e não-caidores durante a execução de diferentes condições de tarefas visuais e manipulações do fluxo óptico.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1) Investigar o desempenho do controle postural e o relacionamento entre informação visual e deslocamento do COP de idosos caidores e não-caidores durante as tarefas de fixação do olhar, movimentos sacádicos horizontais previsíveis e imprevisíveis e olhar livre na condição de ambiente visual estacionário;

2) Investigar o desempenho do olhar de idosos caidores e não-caidores durante a execução das tarefas de fixação do olhar, movimentos sacádicos horizontais previsíveis e imprevisíveis e olhar livre na condição de ambiente visual estacionário;

3) Investigar o desempenho do controle postural e o relacionamento entre informação visual e deslocamento do COP de idosos caidores e não-caidores durante as tarefas de fixação do olhar, movimentos sacádicos horizontais previsíveis e imprevisíveis e olhar livre na condição de ambiente visual em movimento;

4) Investigar o desempenho do olhar de idosos caidores e não-caidores durante a execução das tarefas de fixação do olhar, movimentos sacádicos horizontais previsíveis e imprevisíveis e olhar livre na condição de ambiente visual em movimento.

3.3 HIPÓTESES

Espera-se que: 1) a magnitude de oscilação corporal e a influência da estimulação visual (i.e., ambiente visual em movimento) sobre o deslocamento do COP de idosos caidores sejam

fracamente atenuadas durante as tarefas visuais sacádicas em comparação aos idosos não caidores; 2) a atenuação do deslocamento do COP seja maior durante a tarefa visual com alta demanda atencional (i.e., tarefa sacádica imprevisível) comparada às demais tarefas visuais (i.e., fixação do olhar, tarefa sacádica previsível e olhar livre), independente da estimulação visual (i.e., ambiente visual estacionário e em movimento); e 3) o controle do olhar (i.e., variabilidade da localização das fixações, tempo de resposta do olho durante as tarefas sacádicas e erros sacádicos) seja menos acurado na condição de ambiente visual em movimento, com declínio mais acentuado para os idosos caidores.

4 MÉTODOS

4.1 PARTICIPANTES

Participaram do estudo 30 idosos aparentemente saudáveis, de ambos os sexos, que foram divididos em dois grupos: 15 idosos sem histórico de quedas, que foram denominados de idosos não-caidores (média de idade = $69,8 \pm 3,2$; $68,0 \text{ kg} \pm 12,1$; $1,58 \text{ m} \pm 0,07$) e 15 idosos com histórico de quedas, em média, de 1,28 vezes ($\pm 0,61$) nos últimos 12 meses, que foram denominados de idosos caidores (média de idade = $71,1 \pm 6,4$ anos; $65,9 \text{ kg} \pm 10,1$; $1,58 \text{ m} \pm 0,08$). Para identificar os participantes do grupo de caidores foi traçado um perfil do idoso através de questionários e do relato do participante da ocorrência de, pelo menos, uma queda nos últimos 12 meses. Os idosos foram recrutados na comunidade local e em centros e instituições voltadas para atividades para idosos.

Como critério de inclusão, foram selecionados para o grupo de idosos caidores aqueles indivíduos que reportaram 1 (uma) ou mais quedas sofridas nos últimos 12 meses e para o grupo de idosos não caidores aqueles que reportaram nenhum histórico de quedas. Cabe ressaltar que embora não haja um consenso, vários estudos utilizaram os mesmos critérios propostos no presente estudo para a seleção de idosos com perfil de quedas. Como critérios de exclusão não participaram dos procedimentos experimentais, indivíduos idosos com histórico de doenças neurológicas, tais como as doenças de Alzheimer, Parkinson, dentre outras, distúrbios vestibulares e visuais com ou sem uso de medicamentos para amenizar sintomas nestes sistemas, problemas músculo-esqueléticos, uso de próteses, histórico de fraturas de membros inferiores ou a presença de quaisquer doenças que pudessem comprometer a execução das tarefas propostas no estudo.

Cada participante foi trazido ao Laboratório de Informação, Visão e Ação (LIVIA – Departamento de Educação Física, UNESP – BAURU) e, neste local, foram fornecidas informações sobre os objetivos e procedimentos experimentais do estudo. Após as explicações e com seu aceite, os participantes assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE – ANEXO I) aprovado pelo Comitê de Ética local (CADE: 45445015.6.0000.5398, 11/06/2015).

4.2 AVALIAÇÕES

A fim de traçar o perfil da amostra, os participantes foram submetidos às seguintes avaliações: Escala de Equilíbrio de Berg, Escala de Eficácia de Quedas (FES I), e Anamnese relativa ao histórico progresso de saúde. Em adição, foi realizado o teste de Acuidade Visual da Escala Optométrica de Snellen a fim de detectar possíveis alterações na visão dos participantes. Todos os procedimentos foram realizados com visão normal, corrigidas por lentes ou óculos, quando necessário.

A seguir estão descritas as avaliações e os testes mencionados acima:

4.2.1 Escala de Equilíbrio de Berg (*Berg Balance Scale*)

Essa escala, em sua versão traduzida, adaptada e validada para o Brasil consiste em uma bateria de 14 tarefas comuns às atividades de vida diárias (AVDs) que avaliam quantitativamente o risco de quedas, mediante observação do examinador. Para cada uma das tarefas é atribuído um valor que varia de zero a quatro, sendo conferido zero, em caso de não execução da tarefa, e quatro, para o melhor desempenho. Os escores mínimo e máximo são, respectivamente, 0 (zero) e 56 pontos. Quanto maior a pontuação, menor o risco de quedas. No referido teste as tarefas são executadas na seguinte ordem: posição sentada para posição em pé; permanecer em pé sem apoio; permanecer sentado sem apoio; posição em pé para posição sentada; transferência de uma cadeira para outra; permanecer em posição em pé com os olhos fechados; permanecer em pé com os pés juntos; em pé, alcançar a frente com os cotovelos estendidos; em pé, pegar um objeto do chão; virar-se para olhar para trás; girar 360 graus; posicionar os pés alternadamente no degrau; permanecer em pé com um pé à frente e permanecer em apoio unipodal. (BERG & NORMAN, 1996) (ANEXO II).

4.2.2 *Falls Efficacy Scale International (FES-I)*

Este questionário é uma versão modificada da Escala de Eficácia de Quedas que avalia medo de quedas em diferentes situações do cotidiano. O questionário foi desenvolvido para avaliar aspectos físicos e sociais vinculados a atividades simples e mais complexas, composto por dezesseis itens, incluindo os dez itens originais do FES (com algumas reformulações) e seis novos itens que avaliam a preocupação do indivíduo em executar tarefas como caminhar sobre

superfícies escorregadias, irregulares ou inclinadas, visitar amigos ou parentes, ir a um evento social ou ir a um lugar com multidões. Esse questionário é pontuado em uma escala de 1 a 4, podendo o escore total variar de 16 (ausência de preocupação) a 64 (preocupação extrema) (YARDLEY et al., 2005) (ANEXO III).

4.2.3 Escala Optométrica de SNELLEN

É um diagrama utilizado para avaliar a acuidade visual do participante por meio de uma tabela com imagens de letras apresentadas em tamanhos e orientações diferentes, sendo que valores de 20/25 e 20/20 indicam acuidade visual normal. O participante permanece sentado ou em posição ortostática distante do diagrama do avaliador que aponta uma letra por vez, sendo realizado com ambos os olhos (juntos e separados) (COLOMBO-BARBOZAD et al., 2010). No presente estudo, o protocolo foi realizado a 2,8 metros de distância entre o observador e o diagrama e com visão corrigida por lentes ou óculos, se necessário (ANEXO VI).

4.3 PROCEDIMENTOS

Inicialmente foi preenchida uma ficha de coleta (ANEXO V), contendo os dados pessoais dos participantes; posteriormente foram mensurados a estatura e o peso corporal dos mesmos. Após estes procedimentos, os participantes foram submetidos ao teste de acuidade visual e às avaliações e responderam aos questionários propostos. Posteriormente, os participantes foram posicionados em pé quietos, descalços, sobre a plataforma de força, dentro de uma sala móvel, utilizando um equipamento de rastreamento do olhar (*eye tracker*), posicionado na cabeça, com os braços ao longo do corpo, e instruídos a permanecer com o corpo e a cabeça o mais estáveis possível.

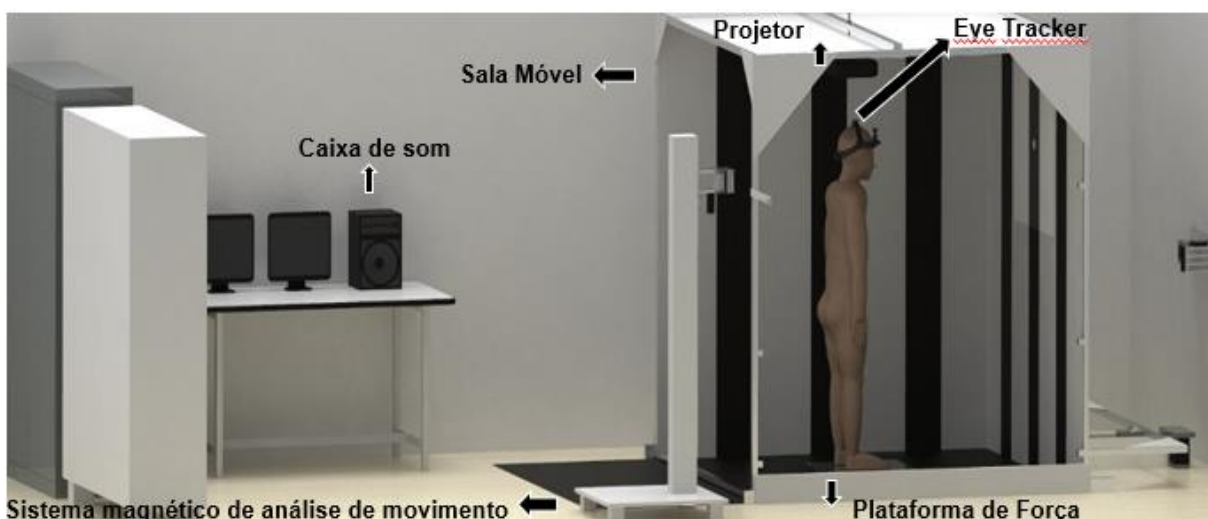
A Figura 1 indica uma representação da situação experimental e a disposição dos equipamentos durante a coleta de dados. A sala móvel é composta por três paredes brancas cobertas com listas verticais pretas (22 cm de largura) e um teto pintado de branco montados sobre uma armação de alumínio (2,1 x 2,1 x 2,1 metros - altura, largura e comprimento). A sala foi posicionada em cima de um trilho e movimentada por meio de um controlador (Parker Compumotor - Mod. MBD 2278 AC) e um motor de passo (Mod. PL6-90C-LD-MT-RC15/C/SM3) para frente e para trás. Programas específicos de computador (Compumotor - Motion Architect) possibilitaram que o movimento da sala fosse realizado em amplitude e

frequência desejada. Esta sala forneceu a estimulação visual para os participantes concomitante à realização das tarefas visuais.

Um projetor multimídia (EPSON Powerlite W6), fixado no teto desta sala, foi utilizado para fornecer as imagens (alvos) que foram visualizadas pelos participantes durante as tarefas visuais. Durante a coleta de dados, o indivíduo não conseguiu visualizar o projetor, já que o mesmo permaneceu fixado acima de sua cabeça, garantindo que o participante não obtivesse informações adicionais sobre a estimulação visual. Para mensurar os movimentos da sala móvel foi utilizado um sistema magnético de análise de movimento (Flock of Birds), que consiste de um receptor, um transmissor e uma unidade de controle. O receptor foi afixado na parede lateral da sala e forneceu informações referentes à sua posição e orientação em relação ao transmissor, o que correspondeu aos movimentos da sala na direção antero-posterior (AP).

A plataforma de força (AMTI – AccuGait) utilizada no presente estudo é constituída por uma placa com quatro sensores elétricos que medem os componentes das forças horizontal e vertical (F_x , F_y e F_z) e os momentos destas forças (M_x , M_y e M_z). 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, horizontal e vertical, agindo sobre a superfície de suporte (DUARTE, FREITAS, 2010). Este equipamento foi utilizado para mensurar as oscilações corporais dos participantes durante as condições experimentais.

Figura 1. Figura ilustrativa da situação experimental mostrando a área da coleta, com o participante posicionado em pé sobre a plataforma de força, dentro da sala móvel. Nota: a parede lateral foi removida da figura para visualização do posicionamento do participante dentro da sala móvel.



Fonte: Ilustração: Rhenan Lucas de Carvalho Crepaldi, 2020.

Já os movimentos dos olhos foram mensurados a partir de um sistema de rastreamento do movimento dos olhos – *Eye tracker* (ASL, modelo H6) alocado na cabeça dos participantes. Este sistema é monocular e detecta a posição da pupila e a reflexão da córnea com uma acurácia de 1° de ângulo visual em uma imagem de vídeo do olho por meio de uma pequena fonte de luz, quase infravermelha, refletida na superfície da córnea. O sistema é formado por duas microcâmeras: 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 está vendo. Estas microcâmeras identificam as posições relativas da pupila e da reflexão na córnea em tempo real com base nos seus distintos níveis de contraste, por meio de programas computacionais específicos. Após o cálculo dos centroides 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. Após o posicionamento do equipamento na cabeça do participante foi realizada a calibração do mesmo a partir da fixação de nove pontos mostrados em uma grade de 3 x 3 alvos a sua frente, na altura do olhar, sendo esta calibração checada em cada tentativa. Esta calibração forneceu a posição acurada do olho relativo ao ambiente durante as tarefas visuais. É importante destacar 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 e, em seguida, recalibrado para o início de uma nova tentativa.

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

Todos os equipamentos utilizados na situação experimental foram sincronizados e a frequência de aquisição de dados 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 análises realizadas. Duarte e Freitas (2010) apontaram que frequências de aquisição de dados acima de 20 Hz, apesar de apresentarem ruídos, são suficientes para investigar a postura quieta. Em adição, os autores indicaram que a duração ideal para a coleta é de 60 segundos, já que durações

menores poderiam ocasionar conclusões erradas e uma grande variabilidade do sinal, enquanto que durações maiores poderiam ocasionar fadiga nos participantes.

4.4 CONDIÇÕES EXPERIMENTAIS

Após os procedimentos iniciais e calibração dos equipamentos os participantes realizaram quatro tarefas visuais sendo: a) Tarefa de olhar livre - na qual o alvo estava ausente e o participante foi instruído a movimentar seus olhos livremente dentro de uma área de projeção (77cm x 57cm, largura e altura) mantendo a cabeça o mais estável possível; b) Tarefa de fixação do olhar - na qual o participante fixou um alvo estacionário, projetado no centro da área de projeção, na parede frontal da sala, na altura dos olhos do participante; c) Tarefa sacádica com alvo previsível - movimentos sacádicos horizontais com localização previsível do alvo. Esta tarefa se iniciou no centro com um X de cor branca, desapareceu e apareceu à direita na forma de um círculo preto, desapareceu e retornou ao centro na forma de um X branco, desapareceu e apareceu à esquerda na forma de um círculo preto, desapareceu e retornou ao centro, sucessivamente; d) Tarefa sacádica com alvo imprevisível – movimentos sacádicos horizontais com localização imprevisível do alvo, sendo que a tarefa se iniciou no centro com um X de cor branca, desapareceu e apareceu, aleatoriamente, à direita ou à esquerda, na forma de um círculo preto, desapareceu e retornou ao centro na forma de um X branco e, assim, sucessivamente. A escolha destas tarefas teve como objetivo aumentar a demanda atencional/cognitiva na execução dos movimentos sacádicos dos olhos enquanto os participantes realizavam a manutenção da posição em pé.

Os alvos foram constituídos de um círculo preto ou um X branco de aproximadamente $1,15^\circ$ de diâmetro. As cores branca e preta foram alternadas para produzir contraste similar aos alvos em relação às cores das faixas da sala móvel. Além disto, o X no centro e os círculos à direita e à esquerda foram selecionados para controlar o efeito de incerteza da tarefa e melhorar o entendimento sobre as instruções das tarefas sacádicas de alvo previsível e alvo imprevisível. A excentricidade entre os alvos foi mantida em $11,5^\circ$. Este ângulo visual não exige movimentos compensatórios da cabeça para acomodação dos olhos (STOFFREGEN et al., 2006). No entanto, como anteriormente mencionado, os participantes foram solicitados a manter a cabeça o mais estável possível em todas as condições experimentais. Durante as tarefas sacádicas o aparecimento e desaparecimento do alvo foi mantido em uma frequência constante de 1.1 Hz.

As tarefas visuais foram realizadas nas condições de sala parada (ambiente visual estacionário) e sala móvel (ambiente visual em movimento). Foram realizadas 16 tentativas com duração de 75 segundos cada. Estas tentativas foram divididas em dois blocos. No primeiro bloco a sala permaneceu parada e os participantes realizaram duas tentativas de cada tarefa visual, totalizando oito tentativas. No segundo bloco a sala foi movimentada com amplitude de pico de 0.65 cm e frequência constante de 0,2 Hz, e os participantes realizaram novamente duas tentativas de cada tarefa visual, totalizando oito tentativas. Estes parâmetros de movimento da sala foram baseados em estudos anteriores e estão bem estabelecidos na literatura (FREITAS JUNIOR; BARELA, 2004; POLASTRI, et al., 2012). A ordem de apresentação das tarefas visuais foi randomizada dentro de cada bloco a fim de minimizar efeito de ordem. No entanto, a ordem dos blocos não foi randomizada, tendo em vista que os participantes poderiam perceber o movimento da sala e alterar intencionalmente a dinâmica intrínseca do sistema de controle postural (FREITAS JÚNIOR; BARELA, 2004) prejudicando a interpretação dos resultados.

A cada três tentativas os participantes tiveram um período de descanso de 1 minuto, a fim de evitar fadiga ou cansaço que pudesse comprometer a realização dos procedimentos experimentais. Um experimentador permaneceu próximo ao participante durante toda a coleta de dados para prevenir e evitar possíveis quedas.

5. TRATAMENTO E ANÁLISE DOS DADOS

Inicialmente, a idade e os resultados obtidos por meio da Escala de Equilíbrio de Berg, FES-I e da anamnese foram tabulados e assim, calculadas as médias e desvios-padrão para cada grupo e em cada avaliação. Os dados oriundos da plataforma de força, do sensor magnético de análise de movimento (posicionado na parede lateral da sala móvel) e do sistema de rastreamento dos olhos, foram armazenados em HDs externos e computadores para as análises. Os dados gerados por esses equipamentos foram tratados e analisados em programas específicos (ASL Results Plus) e pelo software Matlab (2017). 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.

Foi utilizado o software VirtualDub para análise 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. A partir 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 de cada tentativa, sendo excluídos o primeiro (5 segundos) e último ciclo (10 segundos) de movimento da sala em função da sincronização com o aparecimento do alvo. O mesmo procedimento foi realizado para as tentativas em que a sala permaneceu estacionária, i.e., exclusão de 5 segundos do início e 10 segundos do final de cada tentativa. Estes procedimentos foram adotados com o objetivo de analisar todos os dados posturais concomitante à realização das tarefas visuais.

Dentre as 480 tentativas realizadas (16 tentativas x 30 participantes), 24 tentativas (5%) tiveram que ser excluídas das análises finais por problemas técnicos dos equipamentos e calibração do *eye tracker* durante a coleta de dados. No total, foram analisadas 456 tentativas (95%), sendo que cada participante teve, pelo menos, uma tentativa de cada condição experimental.

5.1 DESEMPENHO DO SISTEMA DE CONTROLE POSTURAL E ACOPLAMENTO ENTRE INFORMAÇÃO VISUAL E DESLOCAMENTO DO COP

A partir do deslocamento do COP, inicialmente foi calculada a variável dependente, amplitude média de deslocamento do COP. A amplitude média foi calculada a partir do desvio padrão da trajetória do COP depois de subtrair a média da trajetória do COP dentro de cada

tentativa nos eixos anteroposterior (AP) e médio lateral (ML). Esta variável indica o desempenho do controle postural durante as tarefas visuais e em ambas condições de estimulação visual (sala parada e sala móvel).

Para cálculo das variáveis dependentes referentes ao acoplamento entre informação visual e oscilação corporal durante a realização das tarefas visuais, nas tentativas nas quais a sala foi movimentada, foi realizada uma análise de *Frequency-Response Function* (FRF). Esta função constitui em dividir as transformações de Fourier da trajetória do COP pelas transformações de Fourier da trajetória do estímulo visual na mesma frequência do estímulo, gerando uma função de valores complexos para cada tentativa, sendo que esta análise foi computada ciclo por ciclo, i.e. a cada 5 segundos e então agrupadas em todas as tentativas para cada participante, resultando em um valor médio para cada grupo de idosos.

Então, foram calculadas as seguintes variáveis na frequência do estímulo visual (0,2 Hz):

5.1.1 Ganho

Obtido por meio do valor absoluto dos valores complexos (FRF). Esta variável indica o acoplamento entre o estímulo visual proveniente do movimento da 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;

5.1.2 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 (movimento da sala) e o deslocamento do COP. Valores positivos significam que a oscilação corporal 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;

5.1.3 Variabilidade de posição/Variabilidade de velocidade

Para o cálculo destas variáveis, a posição média dos valores de deslocamento do COP foi subtraída de cada sinal da respectiva tentativa. Desta forma, estas variáveis foram calculadas obtendo-se o desvio padrão da trajetória do COP, após a remoção da oscilação correspondente à frequência do estímulo visual, constituindo assim, a trajetória residual. Para a variabilidade de velocidade este valor foi dividido pelo dado intervalo de tempo. Estas variáveis indicam a amplitude de deslocamento do COP (variabilidade de oscilação) em frequências diferentes da frequência do estímulo visual – 0,2 Hz.

5.1.4 Coerência

A coerência mede quão fortemente a oscilação corporal foi acoplada ao estímulo visual calculado na frequência de 0,2 Hz. A magnitude de coerência ao quadrado é uma medida que verifica a correlação de dois conjuntos espectrais (posição da sala e posição do COP), sendo a mesma calculada na frequência do estímulo visual. A magnitude de coerência ao quadrado entre dois sinais, $x(n)$ e $Y(n)$ é:

$$C_{xy}(\omega) = \frac{|P_{xy}(\omega)|^2}{P_{xx}(\omega) P_{yy}(\omega)}$$

O coeficiente C_{xy} é um número real entre 0 e 1, que mede a correlação entre x (oscilação da sala) e y (oscilação corporal) na frequência ω . (KRAUS, SHURE E LITTLE, 1994). Valores de coerência próximos de 1 indicam que o espectro dos sinais apresenta componentes similares na frequência do estímulo o que demonstra uma forte dependência entre eles.

5.2 DESEMPENHO DO OLHAR

Os dados referentes aos movimentos dos olhos registrados pelo *eye tracker* foram transferidos para um computador com o software de análise ASL Result Plus (ASL, versão 1.8.2.18). A fim de examinar o comportamento do olhar dos idosos, inicialmente foram calculados o número total de fixações e a duração média das fixações para cada tarefa visual. Uma fixação foi definida como duas vezes o desvio-padrão da posição do olhar menor do que

1 grau de ângulo visual (horizontal e vertical) por pelo menos 100 ms. O número de fixações foi contabilizado do início ao fim de cada tentativa para cada tarefa visual. A duração média das fixações foi o intervalo de tempo médio entre o início e o término de cada fixação.

Para examinar a acurácia espacial do olhar durante as tarefas de fixação do olhar, tarefa sacádica com alvo previsível e tarefa sacádica com alvo imprevisível, os alvos destas tarefas foram definidos como “áreas de interesse” (AOIs) por meio do software ASL Result Plus. AOIs são regiões bidimensionais (2-D) definidas no plano de visualização do sujeito, que permite o cálculo de variáveis representativas do comportamento do olhar em partes específicas da cena visual. Para a tarefa de fixação, a AOI correspondeu ao alvo posicionado no centro da área de projeção. Para as tarefas sacádicas foram definidas duas AOIs, sendo: uma correspondente ao alvo do lado direito e outra correspondente ao alvo do lado esquerdo da área de projeção.

As fixações realizadas no alvo posicionado no centro da área de projeção foram excluídas das análises para estas tarefas. Para a tarefa de olhar livre foram definidas 9 AOIs, de iguais dimensões, que abrangeram a área total de projeção, tendo em vista a ausência do alvo.

Após este procedimento foi calculada a variabilidade da localização das fixações sendo esta variável computada como uma área de elipse, contendo 85% dos dados de posição horizontal e vertical do olhar (RODRIGUES et al., 2015; SANTINELLI et al., 2019) que correspondeu à área de deslocamento da fixação em relação à posição do alvo. As fixações realizadas fora do alvo não foram computadas nesta análise. Para as tarefas sacádicas (2 AOIs) e de olhar livre (9 AOIs), a variabilidade computada para cada AOI, ao longo da tentativa foi somada e então, obtido um valor médio para cada tentativa.

A fim de examinar a acurácia temporal dos movimentos dos olhos dos idosos durante as tarefas sacádicas de alvo previsível e alvo imprevisível, foi calculado o tempo de resposta do olho computado como o valor médio do intervalo de tempo entre o aparecimento do alvo, à direita ou à esquerda, e a primeira fixação realizada no alvo pelo participante. Por fim, para avaliar o envolvimento atencional dos participantes durante a execução das tarefas sacádicas, foi calculada a variável dependente de erro sacádico que indica o número de erros cometidos durante a execução das tarefas sacádicas que correspondeu à ausência de movimentos dos olhos após o aparecimento do alvo ou movimentos dos olhos para o lado oposto ao aparecimento do alvo em cada tarefa.

6 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para examinar possíveis diferenças no perfil da amostra relativo à idade e resultados das avaliações de perfil de quedas, foram realizadas análises de variância (ANOVAs) one-way tendo como fator os grupos de idosos (caidores e não-caidores). As variáveis dependentes destas análises foram a pontuação da Escala de Equilíbrio de Berg e o resultado do Escala FES-I.

A fim de verificar o desempenho do controle postural durante a realização das tarefas visuais, na condição de sala parada, foram realizadas análises de variância (ANOVAs) two-way (2 grupos x 4 tarefas visuais) tendo como fatores os grupos (idosos caidores e não-caidores) e as quatro tarefas visuais (fixação do olhar, tarefa sacádica com alvo previsível, tarefa sacádica com alvo imprevisível e olhar livre) sendo este último fator tratado como medida repetida. As variáveis dependentes destas análises foram: a amplitude média de deslocamento do COP nas direções AP e ML. Um conjunto similar de análises foi realizado para verificar possíveis diferenças na condição de sala móvel. As variáveis dependentes foram as mesmas das análises anteriores.

A fim de verificar o acoplamento entre o estímulo visual, proveniente dos movimentos da sala móvel, e os deslocamentos do COP durante as tarefas visuais, foram realizadas análises de variância (ANOVAs) two-way (2 grupos x 4 tarefas), tendo como fatores os grupos (idosos caidores e não-caidores) e as quatro tarefas visuais (fixação do olhar, tarefa sacádica com alvo previsível, tarefa sacádica com alvo imprevisível e olhar livre), sendo este último fator tratado como medida repetida. As variáveis dependentes destas análises foram: coerência, ganho, fase, variabilidade de posição e variabilidade de velocidade de deslocamento do COP.

Outro conjunto de ANOVAs two-way (2 grupos x 4 tarefas visuais) com medidas repetidas foi realizado para examinar diferenças no desempenho do olhar dos idosos caidores e não caidores, durante as tarefas visuais. As variáveis dependentes destas análises foram: número de fixações, duração das fixações e variabilidade da localização das fixações. Em adição, foram realizadas outras ANOVAs two-way (2 grupos x 2 tarefas) para examinar diferenças no controle do olhar de idosos caidores e não caidores durante as tarefas sacádicas com alvo previsível e alvo imprevisível, sendo este último fator considerado como medida repetida. As variáveis dependentes destas análises foram: tempo de resposta do olho e erros sacádicos.

Foram realizados testes de normalidade Shapiro-Wilks para todas as variáveis. Para aquelas variáveis que não atingiram a normalidade, os dados foram transformados por raiz quadrada ou logaritmo natural. Testes de *post hoc* com ajustes de Bonferroni foram realizados,

quando necessário. Valores relativos ao tamanho do efeito (*effect size*) (η^2 , *partial eta-squared*) foram computados para cada análise, sendo que valores de 0,02 ou menos representam um *effect size* pequeno; aproximadamente, 0,13 um *effect size* médio e valores de 0,26 ou mais representam um *effect size* grande (Cohen, 1988). O nível de significância para todas as análises foi mantido em 0,05 e o software utilizado foi o Statistical Package for the Social Science (SPSS, 17.0).

7 RESULTADOS

A Tabela 1 mostra os resultados obtidos por meio da Escala da Equilíbrio de Berg e Escala Internacional de Eficácia de Quedas (FES-I), aplicados para ambos os grupos de idosos, caidores e não caidores. Análises univariadas não mostraram diferenças entre os grupos para a Escala de Equilíbrio de Berg, $F(1,27)=3.601$, $p<0,05$, e para o FES=I, $F(1,27)=0,18$, $p<0,05$. ANOVA também não mostrou diferença entre os grupos com relação à idade, $F(1,27)=0,503$, $p<0,05$.

Tabela 1. Valores médios (\pm desvios-padrão) da pontuação da Escala de Equilíbrio de Berg e do Escala FES-I obtidas por ambos os grupos de idosos, caidores e não caidores.

<i>Grupos</i>	<i>Escala de Berg</i>	<i>FES-I</i>
<i>Idosos caidores</i>	52,2 ($\pm 4,2$)	22,3 ($\pm 5,7$)
<i>Idosos não caidores</i>	54,4 ($\pm 1,1$)	22,6 ($\pm 5,6$)

Nota: Escala de Berg: 56-54 (pontuação normal); 54-46 (baixo risco de quedas) – Berg, T. (1992); FES-I: 64 (preocupação extrema), 16 (ausência de preocupação) – Camargo et al. (2010).

7.1 DESLOCAMENTO DO COP

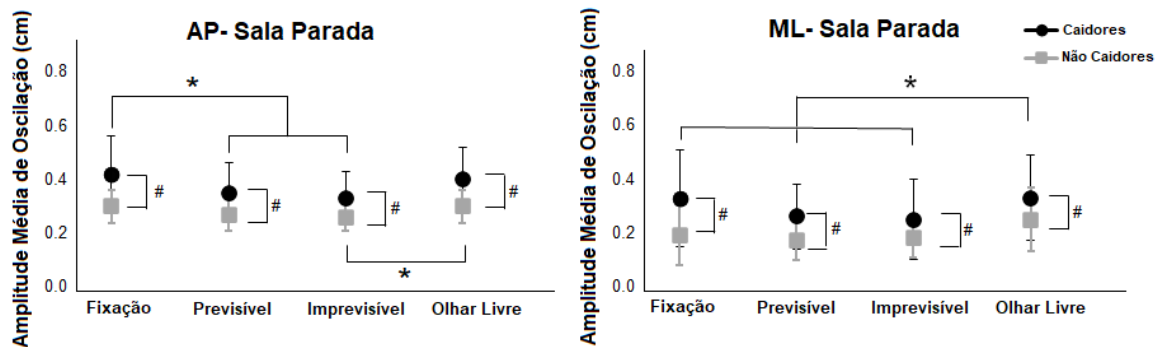
7.1.1 Amplitude Média

De maneira geral, as análises mostraram diferenças entre os grupos (caidores e não caidores) e entre as tarefas visuais. Os resultados mostraram que na condição de sala parada, para a amplitude média, na direção AP, houve efeito de grupo, $F(1,28) = 10,153$, $p<0,005$, $\eta^2 = 0,266$, e efeito de tarefa, $F(3,84) = 9,120$, $p<0,0001$, $\eta^2 = 0,246$. No entanto, não houve interação entre tarefa e grupo, $F(3,84) = 1,282$, $p>0,05$, $\eta^2 = 0,44$. Testes *de post hoc* indicaram que os idosos caidores apresentaram maior amplitude média de oscilação quando comparados aos idosos não caidores em todas as tarefas visuais ($p<0,0001$). Ainda, ambos os grupos apresentaram menor amplitude média na direção AP durante as tarefas sacádicas com alvo previsível ($p<0,05$) e imprevisível ($p<0,0001$) em comparação à tarefa de fixação do olhar e

menor durante a tarefa sacádica com alvo imprevisível ($p < 0,0001$) em comparação à tarefa de olhar livre.

Para a amplitude média de oscilação, na direção ML, houve efeito de grupo, $F(1,28) = 6,393$, $p < 0,02$, $\eta^2 = 0,186$, e efeito de tarefa, $F(3,84) = 8,068$, $p < 0,001$, $\eta^2 = 2,24$. Não houve interação entre tarefa e grupo, $F(3,84) = 0,042$, $p < 0,05$, $\eta^2 = 0,001$. Testes *de post hoc* indicaram que os idosos caídores oscilaram mais do que os idosos não caídores ($p < 0,01$). Ainda, ambos os grupos oscilaram mais na tarefa de olhar livre em comparação às tarefas de fixação do olhar ($p < 0,02$), tarefa sacádica com alvo previsível ($p < 0,05$) e alvo imprevisível ($p < 0,05$). A figura 2 apresenta a amplitude média de deslocamento do COP nas direções AP e ML para ambos os grupos na condição de sala parada.

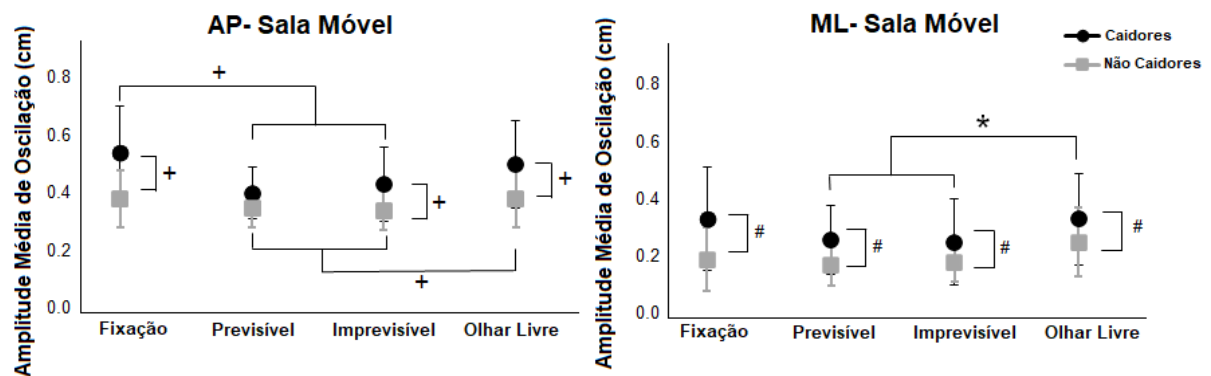
Figura 2 – Valores médios e desvios-padrão da amplitude média de deslocamento do COP nas direções AP e ML de idosos caídores (círculo preto) e idosos não caídores (quadrado cinza), durante todas as tarefas visuais (fixação do olhar, tarefa sacádica com alvo previsível, tarefa sacádica com alvo imprevisível e olhar livre) em ambiente estacionário (sala parada). Símbolos: # indica o efeito principal de grupo; * indica o efeito principal de tarefa visual.



Já na condição de sala móvel, as análises indicaram que houve efeito de grupo, $F(1,28) = 7,288$, $p < 0,02$, $\eta^2 = 0,207$ e efeito de tarefa, $F(3,84) = 16,230$, $p < 0,0001$ e $\eta^2 = 0,367$, para a amplitude média de deslocamento do COP na direção AP. Ainda houve uma interação entre tarefa e grupo, $F(3,84) = 5,046$, $p < 0,01$, $\eta^2 = 0,153$. Testes *de post hoc* para esta interação revelaram que a amplitude média foi maior para os idosos caídores do que para os idosos não caídores durante a tarefa de fixação do olhar ($p < 0,01$), tarefa sacádica com alvo imprevisível ($p < 0,03$) e olhar livre ($p < 0,03$). Em adição, idosos caídores apresentaram maiores valores de amplitude média durante as tarefas de fixação do olhar e olhar livre comparadas às tarefas sacádicas com alvo previsível ($p < 0,001$; $p < 0,01$) e alvo imprevisível ($p < 0,0001$; $p < 0,02$). Idosos não caídores não mostraram estas diferenças entre as tarefas visuais ($p > 0,05$).

Para a amplitude média de oscilação na direção ML houve efeito de grupo, $F(1,28) = 4,869$, $p < 0,04$, $\eta^2 = 0,148$, e efeito de tarefa, $F(3,84) = 12,177$, $p < 0,0001$, $\eta^2 = 0,303$. Não houve interação entre tarefa e grupo, $F(3,84) = 1,963$, $p > 0,05$, $\eta^2 = 0,066$. Testes *de post hoc* revelaram que os idosos caídores apresentaram maior amplitude média de deslocamento do COP do que os idosos não caídores ($p < 0,004$). Ainda, ambos os grupos apresentaram maior oscilação corporal durante a tarefa de olhar livre em comparação às tarefas sacádicas com alvo previsível ($p < 0,0001$) e alvo imprevisível ($p < 0,0001$). A Figura 3 apresenta a amplitude média de deslocamento do COP nas direções AP e ML para ambos os grupos na condição de sala móvel.

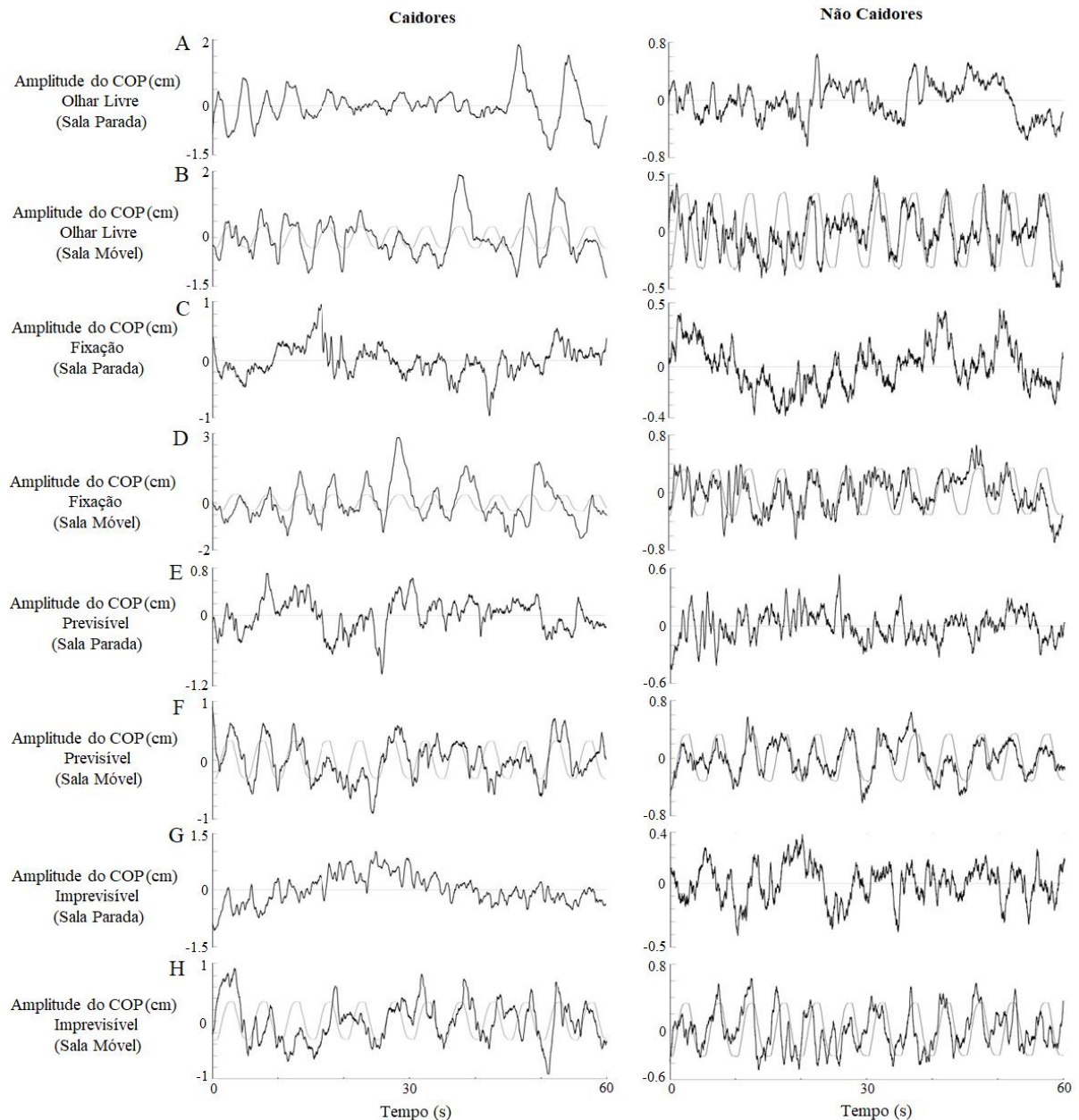
Figura 3. Valores médios e desvios-padrão da amplitude média de deslocamento do COP nas direções AP e ML de idosos caídores (círculo preto) e idosos não caídores (quadrado cinza), durante todas as tarefas visuais (fixação do olhar, tarefa sacádica com alvo previsível, tarefa sacádica com alvo imprevisível e olhar livre) em ambiente estacionário (sala parada). Símbolos: # indica o efeito principal de grupo; * indica o efeito principal de tarefa visual; + indica interação entre grupo e tarefa visual.



7.2 ACOPLAMENTO ENTRE O MOVIMENTO DA SALA E O DESLOCAMENTO DO COP

Os participantes foram influenciados pela estimulação visual, proveniente dos movimentos da sala móvel. A Figura 4 apresenta exemplares de séries temporais do deslocamento do COP de um idoso caidor e um idoso não caidor.

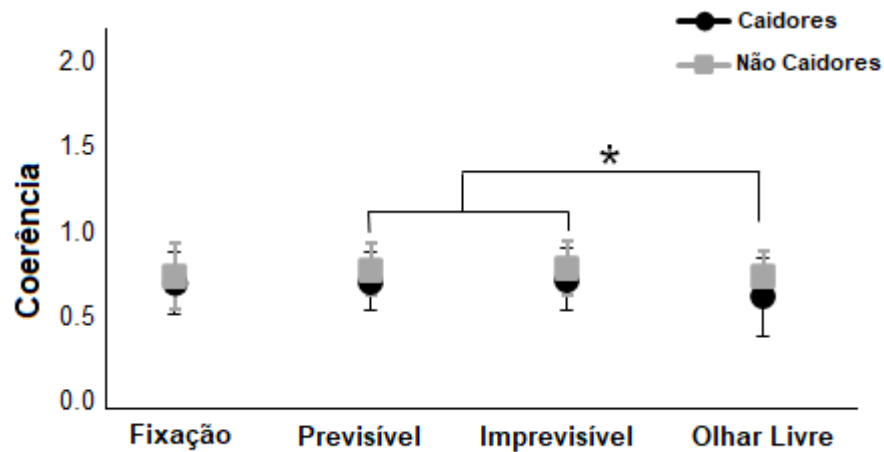
Figura 4. Exemplos de séries temporais da oscilação corporal (painéis A-H) de um idoso caidor (coluna da esquerda) e um idoso não caidor (coluna da direita) durante as tarefas de olhar livre, fixação do olhar, tarefa sacádica com alvo previsível e tarefa sacádica com alvo imprevisível, nas condições de sala parada (painéis A, C, E, G) e sala móvel (painéis B, D, F, H). As linhas claras representam a trajetória da sala e as linhas escuras representam o deslocamento do COP.



7.2.1 Magnitude da Coerência

A Figura 5 apresenta os resultados da magnitude da coerência entre o estímulo visual, proveniente dos movimentos da sala, e o deslocamento do COP, para ambos os grupos de idosos (caidores e não caidores) durante as tarefas visuais na condição de sala móvel.

Figura 5. Valores médios e desvios-padrão da magnitude da coerência entre o estímulo visual, proveniente da sala móvel e o deslocamento do COP de idosos caídores (círculo preto) e idosos não caídores (quadrado cinza) durante todas as tarefas visuais (fixação do olhar, tarefa sacádica com alvo previsível, tarefa sacádica com alvo imprevisível e olhar livre). Símbolo * indica o efeito principal de tarefa visual.



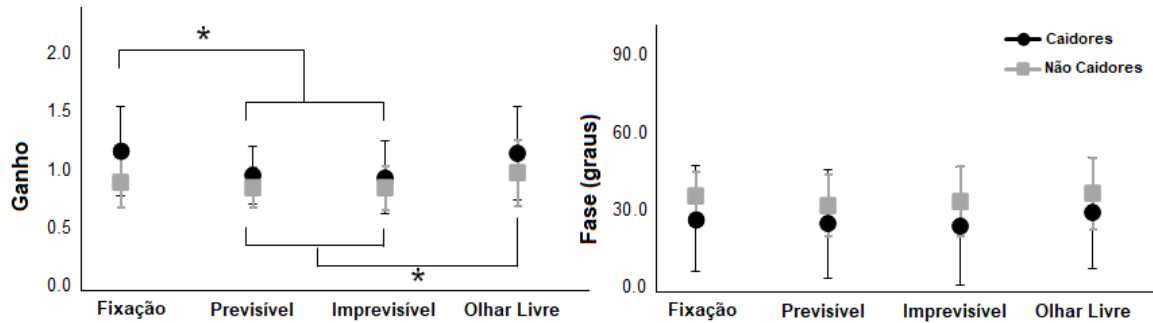
ANOVA indicou efeito de tarefa para magnitude da coerência, $F(3,84) = 3,4898$, $p < 0,02$, $\eta^2 = 0,111$. No entanto, não houve efeito de grupo, $F(1,28) = 1,538$, $p > 0,05$, $\eta^2 = 0,052$ e interação entre tarefa e grupo, $F(3,84) = 0,976$, $p > 0,05$, $\eta^2 = 0,034$. Testes *de post hoc* revelaram maiores valores de coerência durante a tarefa sacádica com alvo imprevisível ($p < 0,04$).

7.2.2 Ganho e Fase

A Figura 6 apresenta o ganho e a fase entre o estímulo visual e o deslocamento do COP na condição de sala móvel, para ambos os grupos durante as tarefas visuais.

ANOVAs indicaram efeito de tarefa para o ganho, $F(3,84) = 8,685$, $p < 0,05$, $\eta^2 = 0,237$, mas não para a variável fase, $F(3,84) = 1,231$, $p > 0,05$, $\eta^2 = 0,042$. Não houve interação entre tarefa e grupo, tanto para ganho, $F(3,84) = 1,942$, $p > 0,05$, $\eta^2 = 0,065$, quanto para a fase, $F(3,84) = 0,095$, $p > 0,05$, $\eta^2 = 0,003$. Não houve efeito de grupo para o ganho, $F(1,28) = 2,882$, $p > 0,05$ e $\eta^2 = 0,93$ e para a fase, $F(1,28) = 2,094$, $p > 0,05$ e $\eta^2 = 0,7$.

Figura 6. Valores médios e desvios-padrão do ganho e da fase entre o estímulo visual, proveniente dos movimentos da sala e o deslocamento do COP de idosos caídores (círculo preto) e idosos não caídores (quadrado cinza) durante todas as tarefas visuais (fixação do olhar, tarefa sacádica com alvo previsível, tarefa sacádica com alvo imprevisível e olhar livre). Símbolo * indica o efeito principal de tarefa visual.



Testes *de post hoc* revelaram maiores valores de ganho durante a tarefa de fixação do olhar em comparação às tarefas sacádicas com alvo previsível ($p < 0,05$) e imprevisível ($p > 0,03$). Ainda, a tarefa de olhar livre apresentou maiores valores de ganho quando comparados às tarefas de alvo previsível ($p < 0,02$) e alvo imprevisível ($p < 0,01$).

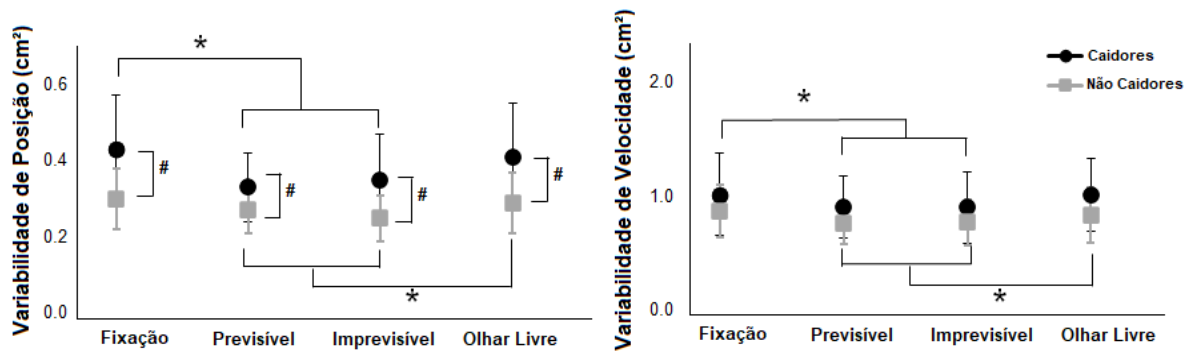
7.2.3 Variabilidade de Posição e Variabilidade de Velocidade

A Figura 7 apresenta a variabilidade posição e a variabilidade de velocidade de deslocamento do COP, na condição de sala móvel, para ambos os grupos durante as tarefas visuais. ANOVAs indicaram efeito de tarefa para a variabilidade de posição, $F(3,84) = 20,392$, $p < 0,0001$, $\eta^2 = 0,421$, e para variabilidade de velocidade, $F(3,84) = 11,079$, $p < 0,0001$, $\eta^2 = 0,284$. Não houve interação entre tarefa e grupo para variabilidade de posição, $F(3,84) = 1,833$, $p > 0,05$, $\eta^2 = 0,061$, e variabilidade de velocidade, $F(3,84) = 0,414$, $p > 0,05$, $\eta^2 = 0,015$. Ainda, houve efeito de grupo para a variabilidade de posição, $F(1,28) = 7,138$, $p < 0,02$, $\eta^2 = 0,015$, mas não para variabilidade de velocidade, $F(1,28) = 2,145$, $p > 0,05$, $\eta^2 = 0,071$.

Testes *de post hoc* revelaram maior variabilidade de posição do COP durante as tarefas de fixação do olhar comparado às tarefas sacádicas com alvo previsível ($p < 0,0001$) e alvo imprevisível ($p < 0,0001$) e maior na tarefa de olhar livre do que nas tarefas sacádicas com alvo previsível ($p < 0,0001$) e alvo imprevisível ($p < 0,0001$). Os resultados mostraram também que os idosos caídores apresentaram maior variabilidade de posição quando comparados aos idosos não caídores. Ainda, testes *de post hoc* mostraram uma maior variabilidade de velocidade

durante a tarefa de fixação do olhar comparado às tarefas sacádicas com alvo previsível ($p < 0,001$) e alvo imprevisível ($p < 0,003$) e maior durante a tarefa de olhar livre em comparação às tarefas sacádicas com alvo previsível ($p < 0,001$) e alvo imprevisível ($p < 0,02$).

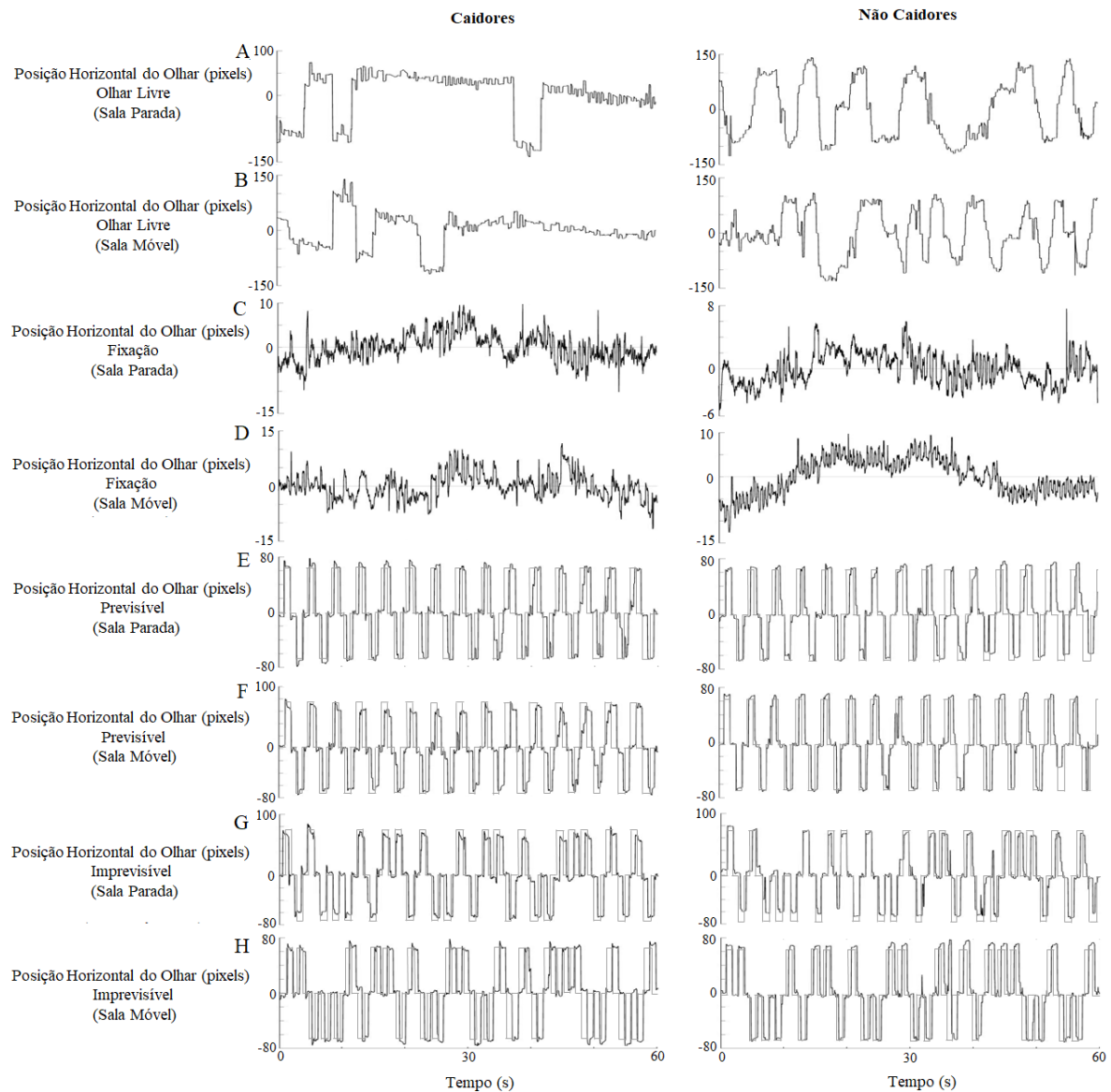
Figura 7. Valores médios e desvios-padrão da variabilidade de posição e variabilidade de velocidade de deslocamento do COP de idosos caidores (círculo preto) e idosos não caidores (quadrado cinza), durante todas as tarefas visuais (fixação do olhar, tarefa sacádica com alvo previsível, tarefa sacádica com alvo imprevisível e olhar livre). Símbolos: # indica o efeito principal de grupo; * indica o efeito principal de tarefa visual.



7.3 COMPORTAMENTO DO OLHAR

Os participantes executaram as tarefas visuais como solicitado. A Figura 8 apresenta exemplares de séries temporais dos movimentos dos olhos durante as tarefas visuais de um idoso caidor e um idoso não caidor, nas condições de sala parada e sala móvel.

Figura 8. Exemplares de séries temporais dos movimentos dos olhos (painéis A-H) de um idoso caidor (coluna da esquerda) e um idoso não caidor (coluna da direita) durante as tarefas de olhar livre, fixação, tarefa sacádica com alvo previsível e tarefa sacádica com alvo imprevisível, nas condições de sala parada (painéis A, C, E, G) e sala móvel (painéis B, D, F, H). As linhas claras representam a trajetória da sala e do alvo e as linhas escuras representam o deslocamento do COP e os movimentos dos olhos.



7.3.1 Número de Fixações

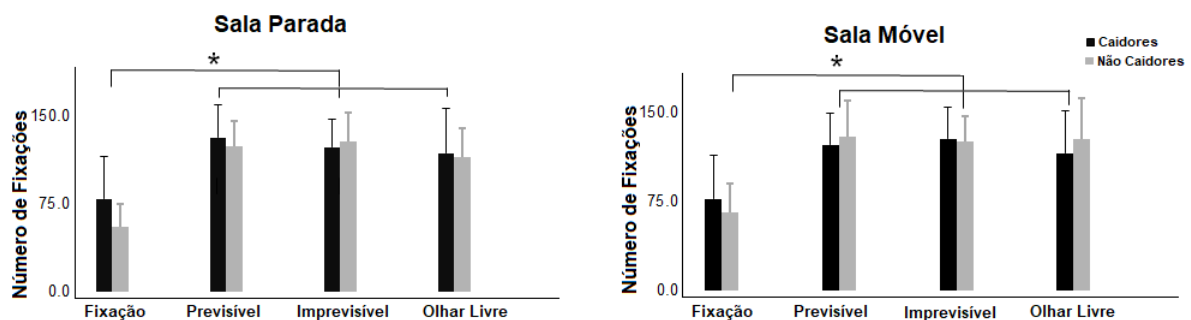
A Figura 9 apresenta o número total de fixações durante as tarefas visuais, para ambos os grupos de idosos, nas condições de sala parada e sala móvel.

Na condição de sala parada, ANOVA indicou efeito de tarefa para o número de fixações, $F(3,84) = 49,984$, $p < 0,0001$, $\eta^2 = 0,641$. Testes de *post hoc* revelaram um menor número de

fixações na tarefa de fixação do olhar comparado as tarefas sacádicas com alvo previsível ($p < 0,0001$), alvo imprevisível ($p < 0,0001$) e olhar livre ($p < 0,0001$). Contudo, não foram encontradas diferenças entre os grupos, $F(1,28) = 0,952$, $p > 0,05$, $\eta^2 = 0,033$ e, nem interação entre tarefa e grupo, $F(3,84) = 2,228$, $p > 0,05$, $\eta^2 = 0,074$.

Similarmente, na condição de sala móvel, ANOVA indicou efeito de tarefa para o número de fixações, $F(3,84) = 38,947$, $p < 0,0001$, $\eta^2 = 0,582$. Testes de *post hoc* revelaram um menor número de fixações na tarefa de fixação do olhar comparado as tarefas sacádicas com alvo previsível ($p < 0,0001$), alvo imprevisível ($p < 0,0001$) e olhar livre ($p < 0,0001$). Também não foram encontradas diferenças entre os grupos, $F(1,28) = 0,025$, $p > 0,05$, $\eta^2 = 0,001$ e, nem interação entre tarefa e grupo, $F(3,84) = 1,484$, $p > 0,05$, $\eta^2 = 0,050$.

Figura 9. Valor médio e desvios-padrão do número total de fixações de idosos caídores (círculo preto) e idosos não caídores (quadrado cinza), durante todas as tarefas visuais (fixação do olhar, tarefa sacádica com alvo previsível, tarefa sacádica com alvo imprevisível e olhar livre). Símbolo: * indica o efeito principal de tarefa visual.



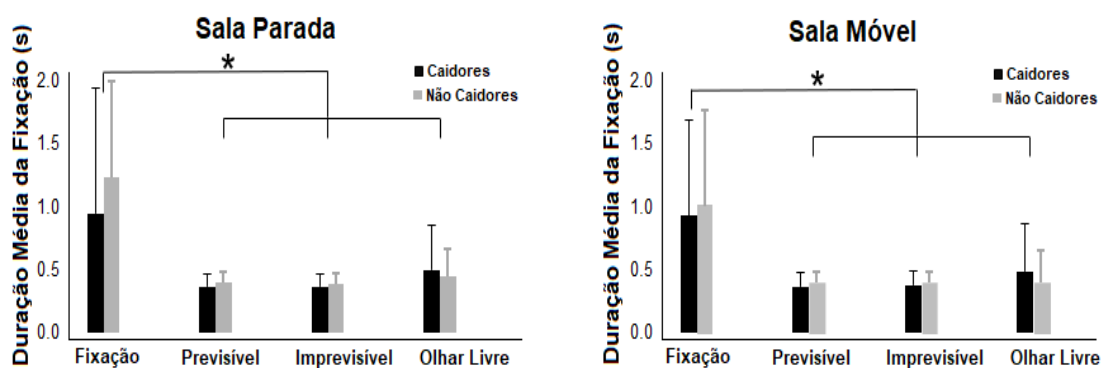
7.3.2 Duração Média das Fixações

A Figura 10 apresenta a duração média das fixações durante as tarefas visuais para ambos os grupos de idosos nas condições de sala parada e sala móvel.

Na condição de sala parada, ANOVA indicou efeito de tarefa para a duração média das fixações, $F(3,84) = 21,108$, $p < 0,0001$, $\eta^2 = 0,430$. Testes de *post hoc* revelaram maior duração média das fixações na tarefa de fixação do olhar comparado a tarefa sacádica com alvo previsível ($p < 0,0001$), alvo imprevisível ($p < 0,0001$) e olhar livre ($p < 0,0001$). Entretanto, não foram encontradas diferenças de grupo, $F(1,28) = 0,366$, $p > 0,05$, $\eta^2 = 0,013$, assim como não houve interação entre tarefa e grupo, $F(3,84) = 0,946$, $p > 0,05$, $\eta^2 = 0,033$. Similarmente, na condição de sala móvel, ANOVA indicou efeito de tarefa para a duração média das fixações, F

(3,84) = 19,610, $p < 0,001$, $\eta^2 = 0,412$. Testes de *post hoc* revelaram maior duração média das fixações para a tarefa de fixação do olhar comparado às tarefas sacádicas com alvo previsível ($p < 0,0001$), alvo imprevisível ($p < 0,0001$) e olhar livre ($p < 0,0001$). Não foram encontradas diferenças de grupo, $F(1,28) = 0,06$, $p > 0,05$, $\eta^2 = 0,001$) e nem interação entre tarefa e grupo, $F(3,84) = 0,271$, $p > 0,05$, $\eta^2 = 0,010$.

Figura 10. Valor médio e desvios-padrão da duração média das fixações de idosos caídores (círculo preto) e idosos não caídores (quadrado cinza), durante todas as tarefas visuais (fixação do olhar, tarefa sacádica com alvo previsível, tarefa sacádica com alvo imprevisível e olhar livre). Símbolo: * indica o efeito principal de tarefa visual.



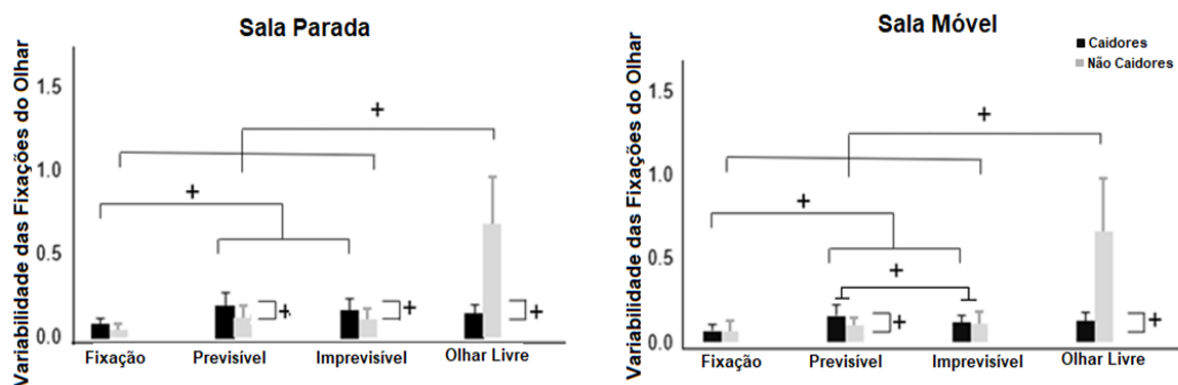
7.3.3 Variabilidade da localização das fixações do olhar

A Figura 11 apresenta a variabilidade das fixações do olhar durante as tarefas visuais para ambos os grupos e nas condições de sala parada e sala móvel. Na condição de sala parada, ANOVAs indicaram que houve efeito de grupo, $F(1,28) = 4,558$, $p > 0,05$, $\eta^2 = 0,140$, e efeito de tarefa, $F(3,84) = 70,372$, $p < 0,0001$, $\eta^2 = 0,715$, bem como uma interação entre tarefa e grupo, $F(3,84) = 56,216$, $p < 0,0001$, $\eta^2 = 0,034$. Testes de *post hoc* para a interação revelaram que a variabilidade das fixações foi maior para os idosos caídores durante as tarefas de alvo previsível ($p < 0,032$) e de alvo imprevisível ($p < 0,033$) e menor durante a tarefa de olhar livre ($p < 0,0001$) quando comparados aos idosos não caídores. Idosos caídores apresentaram variabilidade das fixações menor durante a tarefa de fixação do olhar comparado às tarefas de alvo previsível ($p < 0,0001$) e imprevisível ($p < 0,0001$). Por outro lado, idosos não caídores mostraram maiores valores de variabilidade de fixações durante a tarefa de olhar livre em comparação às tarefas de alvo previsível ($p < 0,001$), alvo imprevisível ($p < 0,003$) e fixação do olhar ($p < 0,0001$).

Já durante a condição de sala móvel, houve efeito de grupo, $F(1,28) = 6,9378$, $p < 0,02$, $\eta^2 = 0,199$, efeito de tarefa, $F(3,84) = 76,887$, $p < 0,0001$, $\eta^2 = 0,733$, e interação entre tarefa e

grupo, $F(3,84) = 58,685$, $p < 0,001$, $\eta^2 = 0,677$. Testes de *post hoc* para interação entre tarefa e grupo revelaram que a variabilidade de fixação foi maior durante a tarefa sacádica com alvo previsível ($p < 0,033$) e menor durante a tarefa de olhar livre ($p < 0,0001$) para idosos caídores quando comparados a idosos não caídores.

Figura 11. Valores médios e desvios-padrão da variabilidade de localização das fixações de idosos caídores (barra preta) e idosos não caídores (barra cinza), durante todas as tarefas visuais (fixação do olhar, tarefa sacádica com alvo previsível, tarefa sacádica com alvo imprevisível e olhar livre), nas condições de sala parada e sala móvel. Símbolo: + indica interação entre grupo e tarefa visual.



Em adição, idosos caídores mostraram menor variabilidade das fixações durante a tarefa de fixação do olhar comparado às tarefas sacádicas com alvo previsível ($p < 0,001$) e alvo imprevisível ($p < 0,045$) e maior durante a tarefa sacádica com alvo previsível comparado a tarefa de alvo imprevisível ($p < 0,004$), enquanto que os idosos não caídores apresentaram maior variabilidade de fixações durante a tarefa de olhar livre comparada às tarefas sacádicas com alvo previsível ($p < 0,0001$, imprevisível ($p < 0,0001$ e fixação do olhar ($p < 0,0001$).

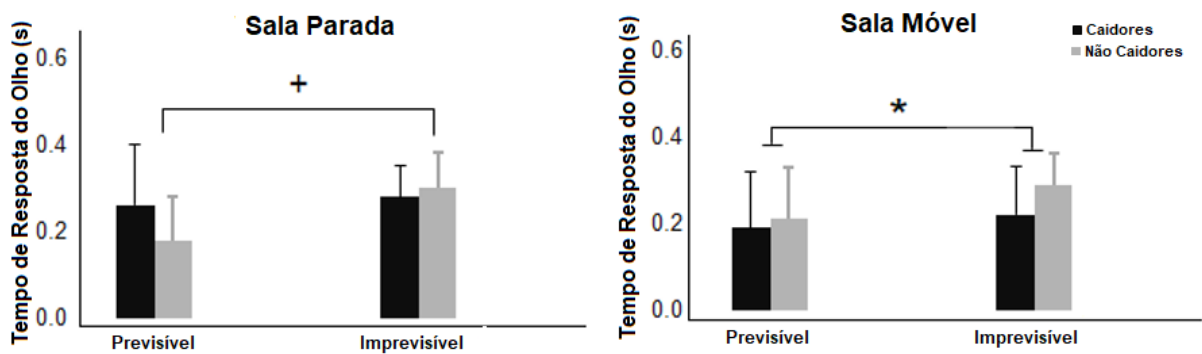
7.3.4 Tempo de Resposta do Olho

A Figura 12 apresenta o tempo de resposta do olho durante as tarefas sacádicas (alvo previsível e imprevisível), para ambos os grupos de idosos, nas condições de sala parada e sala móvel.

Na condição de sala parada, ANOVA indicou efeito de tarefa, $F(1,28) = 10,624$, $p < 0,001$, $\eta^2 = 0,275$, e interação entre tarefa e grupo, $F(1,28) = 6,700$, $p < 0,01$, $\eta^2 = 0,193$. Não houve efeito de grupo, $F(1,28) = 0,885$, $p > 0,05$, $\eta^2 = 0,031$. Testes de *post hoc* revelaram que

somente idosos não caidores apresentaram um maior tempo de resposta do olho na tarefa sacádica com alvo imprevisível em comparação à tarefa com alvo previsível ($p < 0,0001$).

Figura 12. Valores médios e desvios-padrão do tempo de resposta dos olhos de idosos caidores (barra preta) e idosos não caidores (barra cinza), durante as tarefas sacádicas (com alvo previsível e alvo imprevisível), nas condições de sala parada e sala móvel. Símbolos: * indica o efeito principal de tarefa visual; + indica interação entre grupo e tarefa visual.



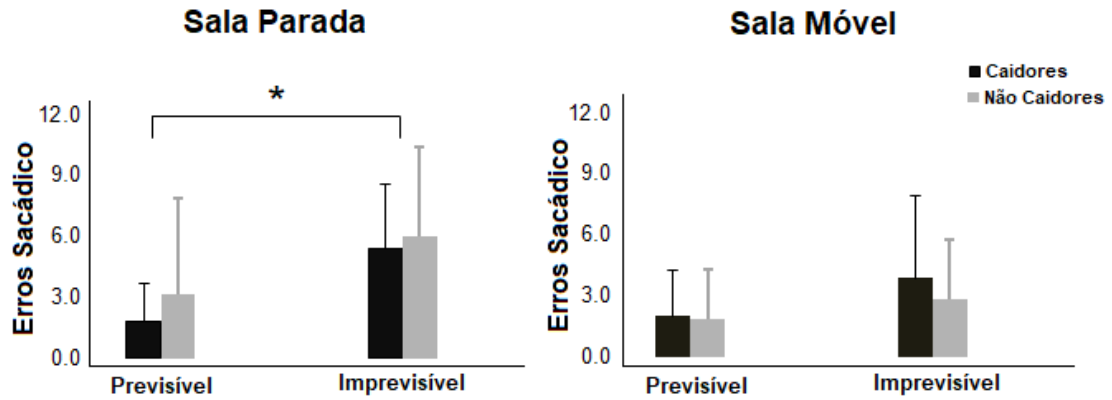
Já na condição de sala móvel, ANOVA indicou efeito de tarefa, $F(1,28) = 9,195$, $p < 0,01$, $\eta^2 = 0,247$, mas nenhum efeito de grupo, $F(1,28) = 1,367$, $p > 0,05$, $\eta^2 = 0,047$ ou interação entre tarefa e grupo, $F(1,28) = 149,356$, $p > 0,05$, $\eta^2 = 0,842$. Testes de *post hoc* revelaram que ambos os grupos apresentaram maior tempo de resposta do olho na tarefa sacádica com alvo imprevisível em comparação à tarefa com alvo previsível ($p < 0,01$).

7.3.5 Erros Sacádicos

A Figura 13 apresenta os erros sacádicos durante as tarefas sacádicas (alvo previsível e alvo imprevisível), para ambos os grupos, nas condições de sala parada e sala móvel.

Por fim, para a condição de sala parada, ANOVA indicou efeito de tarefa, $F(1,28) = 13,516$, $p < 0,001$, $\eta^2 = 0,326$. Não houve efeito de grupo, $F(1,28) = 60,619$, $p > 0,05$, $\eta^2 = 0,836$ e nem interação entre tarefa e grupo, $F(1,28) = 0,243$, $p > 0,05$, $\eta^2 = 0,09$. Testes de *post hoc* revelaram um maior número de erros sacádicos para a tarefa sacádica com alvo imprevisível comparada à tarefa com alvo previsível ($p < 0,001$). Na condição sala móvel, não houve efeito de tarefa, $F(1,28) = 3,968$, $p > 0,05$, $\eta^2 = 0,124$, nem efeito de grupo, $F(1,28) = 37,156$, $p > 0,05$, $\eta^2 = 0,231$ ou interação entre tarefa e grupo, $F(1,28) = 1,169$, $p > 0,05$, $\eta^2 = 0,040$.

Figura 13. Valores médios e desvios-padrão dos erros sacádicos de idosos caidores (barra preta) e idosos não caidores (barra cinza), durante as tarefas sacádicas com alvo previsível e alvo imprevisível, nas condições de sala parada e sala móvel. Símbolo: * indica o efeito principal de tarefa visual.



8 DISCUSSÃO

8.1 SÍNTESE DOS RESULTADOS

O objetivo do presente estudo foi investigar o efeito de diferentes tarefas visuais sobre o controle postural de idosos com e sem histórico de quedas frente a diferentes condições de estimulação visual (com e sem manipulação do fluxo óptico). De modo geral, os resultados referentes ao deslocamento do COP, durante a condição de sala parada, indicaram um aumento da amplitude média, nas direções AP e ML, para os idosos caidores comparados aos não-caidores. Ainda, ambos os grupos apresentaram menor amplitude média de deslocamento do COP, na direção AP, durante as tarefas sacádicas (alvo previsível e alvo imprevisível) comparadas às tarefas de fixação do olhar e olhar livre. Já na direção ML, foi observado maior amplitude média de deslocamento do COP somente durante a tarefa de olhar livre em comparação às demais tarefas (sacádicas e de fixação do olhar) para ambos os grupos. Já os resultados, na condição em que a sala foi movimentada, mostraram que somente os idosos caidores apresentaram oscilações corporais menores durante as tarefas sacádicas em comparação às tarefas de fixação do olhar e olhar livre. Idosos caidores oscilaram mais na direção AP do que idosos não caidores durante todas as tarefas visuais, com exceção da tarefa sacádica com alvo previsível. Na direção ML, idosos caidores oscilaram mais do que idosos não caidores em todas as tarefas visuais, e ambos os grupos oscilaram mais na tarefa de olhar livre em comparação com as tarefas sacádicas (alvo previsível e alvo imprevisível).

Com relação ao acoplamento entre informação visual e deslocamento do COP, os resultados mostraram um aumento na força deste relacionamento (i.e. maiores, valores de coerência) e uma diminuição na influência da estimulação visual (i.e. menores valores de ganho) sobre as oscilações corporais de ambos os grupos de idosos, durante as tarefas sacádicas. Valores positivos de fase indicaram oscilações corporais à frente do movimento da sala em todas as tarefas visuais. Os resultados ainda mostraram menor variabilidade de posição e de velocidade durante as tarefas sacádicas em comparação às tarefas de fixação do olhar e olhar livre. Ainda, idosos caidores apresentaram maior variabilidade de posição do COP em comparação aos idosos não caidores.

Por fim, os resultados referentes ao comportamento do olhar mostraram um menor número de fixações com maior duração média na tarefa de fixação do olhar em comparação às demais tarefas nas condições de sala parada e sala móvel. No entanto, na condição de sala

parada, idosos caidores mostraram variabilidade de localização das fixações maior nas tarefas sacádicas em comparação à tarefa de fixação do olhar, enquanto que idosos não caidores apresentaram variabilidade de localização das fixações maior na tarefa de olhar livre em comparação às demais tarefas. A variabilidade das fixações de idosos caidores foi maior nas tarefas sacádicas e menor durante a tarefa de olhar livre em comparação aos idosos não caidores. Já quando a sala foi movimentada, os idosos caidores apresentaram variabilidade de fixação menor na tarefa de fixação do olhar comparado às tarefas sacádicas e, menor na tarefa com alvo previsível em comparação à tarefa com alvo imprevisível. Idosos não caidores apresentaram variabilidade das fixações maior somente na tarefa de olhar livre comparado às demais tarefas visuais. A variabilidade das fixações de idosos caidores foi maior somente durante a tarefa sacádica com alvo previsível e menor durante a tarefa de olhar livre em comparação aos idosos não caidores. Em adição, as análises de tempo de resposta dos olhos, durante as tarefas sacádicas, indicaram que, na condição de sala parada, somente os idosos não caidores apresentaram maior tempo de resposta dos olhos durante a tarefa com alvo imprevisível comparada à do alvo previsível. No entanto, quando a sala foi movimentada, ambos os grupos de idosos aumentaram o tempo de resposta do olho durante a tarefa com alvo imprevisível. O número de erros sacádicos aumentou durante a tarefa sacádica com alvo imprevisível, na condição de sala parada, mas foi similar entre as tarefas na condição de sala móvel. Ambos os grupos apresentaram comportamentos similares.

Estes resultados indicam diferenças entre idosos caidores e não caidores, tanto no funcionamento do controle postural quanto no comportamento do olhar e diferentes efeitos das tarefas visuais quando submetidos à manipulação do fluxo óptico. A seguir, serão discutidos os principais achados do estudo.

8.2 CARACTERIZAÇÃO DO PERFIL DE QUEDAS DOS IDOSOS

Não foram observadas diferenças estatísticas com relação à idade dos grupos e nos resultados dos testes da Escala de Equilíbrio de Berg e do Questionário Internacional de Eficácia de Quedas (FES-I), aplicados nos idosos caidores e não caidores. Estes resultados não corroboram os resultados de Mota e colaboradores (2007) que demonstraram haver uma correlação negativa entre a Escala de Equilíbrio de Berg (EEB) e as medidas de oscilação corporal em situações de ameaça à instabilidade, i.e., quanto maior a oscilação corporal, menor a pontuação obtida na Escala de Berg. No entanto, similar aos nossos resultados, Lajoie e

Gallagher (2004) mostraram que a Escala de Equilíbrio de Berg, bem como a Escala de Confiança no Equilíbrio Específico para Atividades (ABC) não foram sensíveis para prever risco de quedas em idosos caidores e não caidores.

Apesar destas discrepâncias, pode-se notar que no presente estudo a pontuação da Escala de Berg indicou que os idosos caidores apresentaram, em média 52 pontos, sugerindo uma tendência ao risco de quedas, enquanto os idosos não caidores apresentaram, em média 54 pontos, indicando um perfil dentro da normalidade, de acordo com as normas de pontuação do teste. Já o questionário FES-I indicou que havia pouca preocupação dos participantes em cair durante as atividades do cotidiano, independente se o idosos apresentassem ou não histórico de quedas. Cabe ressaltar que apesar dos valores não terem diferenciado significativamente os grupos de idosos quanto ao perfil de quedas, por meio destas avaliações subjetivas (usadas por clínicos e pesquisadores), os resultados referentes ao desempenho do controle postural, avaliado por meio de medidas do COP mostraram claramente maior instabilidade postural em idosos caidores, em comparação aos idosos não caidores, em todas as tarefas visuais e também durante a manipulação visual. Com base nestes resultados, é preciso destacar dois aspectos importantes.

Primeiro, idosos com histórico de uma ou duas quedas nos últimos 12 meses parecem apresentar alterações posturais que podem não ser discriminadas por meio de escalas clínicas. Embora, instrumentos subjetivos de avaliação do equilíbrio corporal e autopercepção de instabilidade em idosos sejam extensivamente utilizados durante a prática clínica pela sua facilidade/simplicidade e baixo custo (ANSAI et al., 2014; CHIU; AU-YEUNG., 2003), eles se mostram menos sensíveis para detectar alterações no controle postural em comparação à avaliação por meio de medidas quantitativas/objetivas, tais como as provenientes da plataforma de força (MOTA et al., 2007; LAJOIE; GALLAGHER., 2004). Mais ainda, estes instrumentos podem estar medindo aspectos diferentes do controle postural.

O segundo aspecto a ser destacado é com relação ao perfil de histórico de quedas em idosos. As diretrizes da Sociedade Brasileira de Geriatria e Gerontologia (BUKSMAN et al., 2008) estabelecem que idoso caidor é aquele que apresenta mais de duas quedas por ano. Estudos mostram que os caidores foram identificados como indivíduos que apresentaram relato de, pelo menos, duas quedas no período de 12 meses antes da coleta de dados (FREIRE JÚNIOR et al., 2017; MELZER et al., 2001). Apesar de ser uma limitação do presente estudo na seleção da amostra, interessantemente, os resultados apontam indicativos de alterações posturais no grupo de idosos caidores, mesmo com relato de apenas uma queda ao ano, o que se torna ainda mais evidente, quando são mensuradas por meio de equipamentos mais precisos

e medidas objetivas (MOTA et al., 2007; LAJOIE; GALLAGHER., 2004). Portanto, os resultados sugerem que os testes clínicos devem ser complementados com medidas quantitativas/objetivas, a fim de se detectar precocemente as alterações posturais em idosos com predisposição a quedas e assim, propor intervenções que os tornem menos vulneráveis às perturbações no ambiente, como aquelas provenientes da estimulação visual, simuladas neste estudo por meio da sala móvel. Estudos futuros devem examinar as correlações entre os resultados dos testes clínicos e as medidas de oscilações corporais a fim de identificar quais aspectos estão sendo, de fato, avaliados por meio de cada avaliação.

A seguir são discutidos os resultados referentes ao efeito das tarefas visuais no desempenho do controle postural de ambos os grupos de idosos, nas condições de sala parada e sala móvel.

8.3 DESLOCAMENTO DO COP E COMPORTAMENTO DO OLHAR NA CONDIÇÃO DE SALA PARADA

De modo geral, os resultados referentes ao deslocamento do COP durante a condição de sala parada, indicaram um aumento na amplitude média, tanto na direção AP quanto ML, para os idosos caidores comparados aos não-caidores. Estes resultados corroboram estudos anteriores que mostraram que idosos caidores, quando comparados aos não caidores, apresentam alterações mais acentuadas, principalmente, nos sistemas visual e somatossensorial, e maiores oscilações posturais, com aumento crítico nos deslocamentos do COP, na direção ML (MELZER et al., 2001; MAKIZAKO et al., 2013).

Pioneiramente, os resultados do presente estudo demonstraram que estas oscilações posturais podem ser atenuadas por tarefas visuais, em ambas as direções de movimento (AP e ML). É interessante notar que os movimentos sacádicos horizontais se mostraram eficazes em atenuar as oscilações corporais dos idosos em comparação às tarefas de fixação do olhar e de olhar livre trazendo, principalmente, indicativos de que idosos caidores não apresentam problemas nos mecanismos eferentes de estabilização visual para controlar a postura em um ambiente estacionário. Estes resultados corroboram outros estudos que demonstraram redução de oscilação corporal durante a realização dos movimentos sacádicos (horizontais e verticais) em comparação à tarefa de fixação do olhar (AGUIAR et al., 2015; STOFFREGEN et al., 2007; RODRIGUES et al., 2013) e de olhar livre (BONNET et al., 2016; 2017, 2019) em adultos jovens e idosos.

Embora, o efeito de tarefas sacádicas sobre as oscilações corporais de idosos já tenha sido evidenciado, não há conhecimento de estudos na literatura que tenham examinado este efeito em idosos que apresentam histórico de quedas nos quais tanto o sistema postural quanto o oculomotor estão, aparentemente, mais afetados, o que poderia levar esta população a se tornar mais vulnerável à ocorrência de quedas (YANG, et al., 2008).

Outro aspecto a ser destacado neste resultado é que as características das tarefas e a manipulação do fluxo óptico parecem ter afetado as oscilações corporais, diferentemente, entre os eixos de movimento (AP e ML). Os resultados mostraram que ambos os grupos apresentaram menor amplitude média do COP, na direção AP, durante as tarefas sacádicas (previsíveis e imprevisíveis) comparadas as tarefas de fixação do olhar e menor amplitude de oscilação na tarefa sacádica com alvo imprevisível em comparação a tarefa de olhar livre. Já na direção ML, foi observado maior amplitude média do COP somente durante a tarefa de olhar livre em comparação às demais tarefas (sacádicas e de fixação do olhar), para ambos os grupos. Estudos anteriores (RODRIGUES et al., 2013, AGUIAR et al., 2015) já haviam mostrado diminuição das oscilações da cabeça e do tronco de adultos jovens e idosos na direção AP, mas não na ML, durante tarefas sacádicas comparadas à tarefa de fixação do olhar.

Diferenças nos ajustes posturais relativos aos eixos de movimento também foram observados em outros estudos. Yeh e colaboradores (YEH et. al., 2015) mostraram que idosas caidoras apresentaram maiores valores de variabilidade na amplitude média de oscilação, na direção ML, quando comparadas a idosas não caidoras e sugeriram que este eixo de movimento seria mais sensível às variações decorrentes da idade e do perfil de quedas do que o eixo AP, podendo esta variabilidade ser considerada um preditor ou determinante de quedas em idosos. Adicionalmente, Lajoie e colaboradores mostraram que idosos caidores apresentaram oscilações corporais em frequências mais altas do que os idosos não caidores e um deslocamento no eixo ML maior do que no eixo AP (LAJOIE; GALLAGHER., 2004).

Diferentemente dos estudos anteriores, as explicações para os resultados encontrados no presente estudo devem levar em consideração as características das tarefas visuais e como as mesmas interagiram com a base de suporte (RODRIGUES et al., 2013; THOMAS et al, 2016). Parece ter havido uma interação entre os requerimentos mecânicos da base de suporte e as características das tarefas visuais. Neste caso, é possível que a base bipodal (pés afastados) tenha proporcionado maior estabilidade postural no eixo ML (CLAPP, WING, 1999) não requerendo, portanto, mecanismos visuais (extraretinais) adicionais de estabilização para a execução das tarefas visuais sacádicas como aqueles observados no eixo AP. Clapp e Wing

mostraram que a base de suporte mais larga da postura bipodal resultou em uma inerente estabilização na direção ML, de modo que as flutuações na direção AP foram mais frequentes. (CLAPP & WING, 1999)

Além disto, uma possível explicação em relação à amplitude de deslocamento do COP, durante a tarefa de olhar livre, é que a ausência do alvo foi um fator importante para o aumento da instabilidade corporal dos idosos no eixo ML. Pode-se sugerir que apenas movimentar os olhos livremente sem qualquer instrução ou objetivo não produziu o mesmo efeito estabilizador sobre a postura, na direção ML, quando comparado à uma situação na qual os movimentos dos olhos são orientados à determinadas metas (i.e. um alvo) (RODRIGUES et al., 2013; BONNET et al., 2016). Corroborando esta sugestão, os resultados referentes ao comportamento do olhar mostraram que o número e duração das fixações durante a tarefa de olhar livre foram similares aos das tarefas sacádicas. Entretanto, como mencionado, olhar livremente produziu efeitos deletérios sobre os deslocamentos do COP, enquanto os movimentos sacádicos atenuaram as oscilações corporais.

Cabe ressaltar que a variabilidade da localização das fixações, durante a tarefa de olhar livre, foi independente da magnitude de oscilação do COP. Enquanto idosos caidores mostraram movimentos mais restritos à uma determinada área da cena visual com menores valores de variabilidade, idosos não caidores exploraram visualmente mais áreas da cena, demonstrando maiores valores de variabilidade durante a tarefa de olhar livre. Estes resultados revelam que idosos caidores apresentam alterações nas estratégias de movimento dos olhos quando comparados aos idosos sem histórico de quedas.

Para explicar estes resultados, alguns estudos parecem suportar a ideia de que a maior instabilidade postural somado à ausência do alvo na tarefa de olhar livre podem ter impactado os movimentos dos olhos dos idosos caidores restringindo-os à apenas uma porção da cena visual, sendo em geral, a área central na qual supostamente estaria o alvo na tarefa de fixação do olhar. Estudos têm mostrado que, inicialmente, quando uma imagem é mostrada para um indivíduo, há uma tendência de haver fixações primeiro no centro da tela e este comportamento estaria associado ao fato de que esta localização daria alguma vantagem para a extração de informação da cena visual (PARKHURST et al., 2002; BINDEMANN et al., 2010). Além disto, manter os olhos no centro da órbita dos olhos, relativo à posição da cabeça, exige menor esforço dos músculos extraoculares facilitando o controle dos olhos (PROUDLOCK et al., 2004) e da postura (FIORELLI et al., 2017). Em adição, Fiorelli e colaboradores (2017)

mostraram que manter a fixação do olhar lateralmente, com a cabeça voltada para frente, prejudica o controle da postura aumentando as oscilações corporais.

Além disto, outros estudos têm mostrado que o envelhecimento altera os parâmetros do olhar. Dowiasch e colaboradores (2015) indicaram que há uma redução na frequência, amplitude e velocidade das sacadas com o aumento da idade (DOWIASCH et. al, 2015) e esta diminuição na amplitude dos olhos é mais acentuada nas direções horizontal e para cima (LEE et al., 2019). Em seu estudo, Paquette e Fung (2011) observaram que adultos mais velhos realizavam sacadas menos precisas em comparação com adultos jovens em condições de manutenção da posição em pé quieta tanto perturbadas como não perturbadas, o que foi atribuído a diminuições sutis na integração sensório-motora (PAQUETTE E FUNG, 2011). Com base nestes estudos, pode-se sugerir que os idosos caidores mostraram uma estratégia mais rígida no controle do olhar durante a tarefa de olhar livre, já que não havia nenhuma instrução a ser cumprida. Manter o olhar ao redor de uma mesma posição pode ter ajudado os idosos caidores a criarem um quadro de referência fixo na tentativa de minimizar as oscilações corporais (LAURENS et al., 2010). Com um sistema mais estável, idosos não caidores não tiveram problemas em mover os olhos por toda a cena visual.

Por fim, duas abordagens teóricas podem auxiliar na interpretação destes resultados. A primeira é baseada na ideia de que ambos os sistemas, oculomotor e postural, acessam os mesmos recursos de capacidade limitada e, portanto, necessitam, quando necessário, promover um compartilhamento adaptativo ou priorização de recursos entre os sistemas para facilitar a execução de ambas as tarefas, visual (suprapostural) e postural (MITRA, FRAIZER, 2004). Os resultados do presente estudo parecem corroborar esta interpretação demonstrando que as oscilações corporais dos idosos com e sem histórico de quedas foram atenuadas durante as tarefas sacádicas a fim de facilitar trocas precisas do olhar relativas ao aparecimento do alvo em um ambiente estacionário. No entanto, este compartilhamento parece estar alterado em idosos caidores, tendo em vista que os mesmos apresentam deterioração tanto no comportamento do olhar quanto da postura. Por exemplo, embora as oscilações corporais tenham sido atenuadas durante as tarefas sacádicas, idosos caidores apresentaram menor magnitude de redução do COP e maior variabilidade na localização das fixações durante as tarefas sacádicas em comparação aos idosos não caidores.

A segunda abordagem teórica é baseada em um modelo cognitivo sinérgico (BONNET et al., 2016; 2017; 2019) que sugere que ambos os movimentos dos olhos e do corpo são controlados um com relação ao outro quando a tarefa visual exige maior precisão nas trocas

do olhar o que implicaria em um aumento no engajamento atencional/cognitivo para a execução acurada da tarefa visual (BONNET; BAUDRY, 2016; BONNET et al., 2017). Bonnet e colaboradores (BONNET et al., 2017) testaram experimentalmente os pressupostos deste modelo e demonstraram uma associação negativa entre as oscilações corporais e os movimentos dos olhos durante as realizações de tarefas visuais desafiadoras (e.g. tarefas de busca visual) sugerindo haver uma sinergia funcional entre os sistemas oculomotor e postural. A tarefa de olhar livre é considerada por estes autores como uma tarefa imprecisa que demanda pouco engajamento cognitivo e, portanto, não necessitaria deste controle sinérgico implicando em pouca ou nenhuma atenuação das oscilações corporais (BONNET, et al 2019). Não há estudos que tenham examinado a existência desta sinergia em indivíduos idosos. Entretanto, os resultados referentes às maiores amplitudes do COP, nas tarefas de fixação do olhar e olhar livre (principalmente, na direção ML) parecem corroborar os pressupostos deste modelo sinérgico.

A partir destes resultados, pode-se afirmar que embora os idosos caidores apresentem maior instabilidade postural e alterações no comportamento do olhar quando comparados aos idosos não caidores, tarefas visuais envolvendo os movimentos sacádicos dos olhos promovem um efeito estabilizador sobre a postura indicando que a relação olho-postura parece estar intacta nesta população, pelo menos, na condição em que o ambiente permanece estacionário (sala parada). Os resultados referentes às tentativas nas quais a sala foi movimentada serão discutidos a seguir.

8.4 EFEITO DA ESTIMULAÇÃO VISUAL SOBRE O DESLOCAMENTO DO COP E COMPORTAMENTO DO OLHAR

Na condição de sala móvel, os resultados mostraram que os idosos caidores oscilaram mais na direção AP do que idosos não caidores em todas as tarefas visuais, com exceção da tarefa sacádica com alvo previsível. Entretanto, somente os idosos caidores apresentaram oscilações corporais menores durante as tarefas sacádicas em comparação às tarefas de fixação do olhar e olhar livre. Na direção ML, idosos caidores oscilaram mais do que idosos não caidores em todas as tarefas visuais e, ambos os grupos, oscilaram mais na tarefa de olhar livre em comparação com as tarefas sacádicas.

É interessante notar que a estimulação visual, proveniente do movimento da sala, alterou a eficácia dos movimentos dos olhos em reduzir as oscilações corporais somente em idosos não

caidores, sendo este efeito observado apenas na direção AP, o que era esperado, já que esta foi a direção de manipulação do estímulo visual. Enquanto os idosos caidores demonstraram redução das oscilações corporais durante as tarefas sacádicas, na condição de sala móvel, os idosos não caidores não apresentaram qualquer modulação nas respostas posturais durante a execução das tarefas visuais demonstrando maior rigidez em seu comportamento postural. Este comportamento mais rígido em idosos sem histórico de quedas já foi observado em outros estudos (BATISTELA, 2018; AGUIAR et al., 2015). Batistela (2018), por exemplo, demonstrou que a execução simultânea de uma tarefa cognitiva-visual reduziu a oscilação postural e a variabilidade da margem de estabilidade dinâmica em idosos caidores e não-caidores. Estes autores indicaram que o aumento da frequência contendo a excursão do centro de pressão na direção AP, na condição de dupla tarefa, era indicativo de uma oscilação postural mais rígida. Em concordância, Aguiar e colaboradores (2015) também mostraram que idosos não modularam suas oscilações corporais frente à variação de base de suporte (bipodal normal e bipodal estreita) e tarefas sacádicas (0,5 Hz e 1,1 Hz) sugerindo um comportamento mais rígido e diferente do observado em adultos jovens na mesma situação experimental (RODRIGUES et al, 2013). Os adultos jovens aumentaram suas oscilações corporais durante a tarefa sacádica mais difícil quando estavam em uma base de suporte mais fácil (base bipodal normal), indicando um sistema postural mais flexível e adaptável às demandas das tarefas visuais sacádicas.

No caso dos idosos caidores, parece que a maior instabilidade demonstrada por estes indivíduos exigiu uma atuação mais eficiente dos mecanismos visuais para a estabilização da postura a fim de possibilitar a realização das tarefas visuais. Mais importante, os idosos caidores alcançaram níveis de magnitude de oscilação corporal similares aos idosos não caidores durante a tarefa sacádica com alvo previsível sugerindo que a integração dos mecanismos visuais (aferências e reafereências) possibilitou uma percepção visual e controle menos errático sobre a posição e orientação corporal. Porém, interessante, este comportamento não refletiu em diferenças no acoplamento sensorio-motor entre os grupos de idosos. Este aspecto será discutido posteriormente.

Com relação ao comportamento do olhar na condição de sala móvel, os resultados mostraram que os idosos caidores apresentaram variabilidade das fixações menor na tarefa de fixação do olhar comparado às tarefas sacádicas e, maior na tarefa com alvo previsível em comparação à tarefa com alvo imprevisível. Estes resultados sugerem que a atenuação das oscilações corporais parece ter melhorado a precisão na execução dos movimentos dos olhos

ao redor do alvo durante as tarefas visuais. No entanto, diferenças na variabilidade das fixações durante a tarefa sacádica previsível e tarefa de olhar livre confirmam a existência de alguma deterioração no controle oculomotor de idosos caídores. Diferentemente, idosos não caídores apresentaram variabilidade maior somente na tarefa de olhar livre comparado às demais tarefas visuais indicando um melhor desempenho no controle do olhar, ou seja, maior estabilidade das fixações ao redor do alvo durante as tarefas sacádicas e de fixação do olhar. Por fim, diferenças entre os grupos indicaram que a variabilidade de fixações do olhar de idosos caídores foi maior durante a tarefa de alvo previsível e menor durante a tarefa de olhar livre em comparação aos idosos não caídores sugerindo que as características das tarefas visuais determinaram as estratégias adotadas pelos idosos para cumprir as instruções estabelecidas. No entanto, alterações nos sistemas postural e oculomotor podem ter interferido no controle eficiente do olhar e da postura.

8.5 EFEITO DAS TAREFAS VISUAIS SOBRE O ACOPLAMENTO SENSORIO-MOTOR

Os resultados do presente estudo mostraram que as oscilações corporais de ambos os grupos foram induzidas pela estimulação visual proveniente dos movimentos da sala, na mesma frequência do estímulo visual (0,2 Hz) (Figura 4). Os idosos apresentaram oscilações posturais correspondentes e temporalmente à frente dos movimentos da sala móvel, com valores de ganho maiores do que 1 e de fase, ao redor de 30 graus, respectivamente. Estes resultados corroboram outros estudos que mostraram que idosos apresentam respostas posturais fortemente acopladas ao estímulo visual quando comparadas aos adultos jovens (BARELA et al., 2013; PRIOLI et al., 2005; WADE et al., 1995). Cabe ressaltar que nos estudos citados não houve a distinção entre idosos com e sem histórico de quedas.

No entanto, os achados do presente estudo estão em discordância com estudos anteriores que mostraram que idosos caídores apresentam maior influência da manipulação do estímulo visual em comparação aos idosos não caídores e adultos jovens (HAIBACH et al., 2008, JEKA et al., 2010, ALLISON et al., 2006). Estes estudos sugeriram que este comportamento poderia estar associado à uma deterioração nos mecanismos de repesagem das informações sensoriais (JEKA et al., 2010; ALLISON et al., 2006). Haibach e colaboradores (2008), por exemplo, mostraram que as respostas posturais de idosos com histórico de quedas, com idades de 60 a 79 anos, foram mais susceptíveis à influência dos movimentos contínuos e discretos de uma sala

móvel do que idosos sem histórico de quedas e sugeriram que a estimulação proveniente do paradigma da sala móvel poderia ser utilizada para prever o risco de queda em idosos. (HAIBACH et al., 2008)

Possíveis explicações para esta divergência poderiam residir no fato de que os estudos anteriores testaram outros aspectos de funcionamento do sistema de controle postural. Por exemplo, Jeka e colaboradores (JEKA et al., 2010) buscavam investigar a adaptação do sistema de controle postural de idosos propensos à quedas, à variações nas amplitudes de diferentes estímulos sensoriais (visuais e proprioceptivos) - repesagem multissensorial - em comparação a idosos sem histórico de quedas e adultos jovens. Sendo assim, a manipulação de diferentes estímulos sensoriais e seus respectivos parâmetros, por si só, poderia gerar diferenças nas respostas posturais entre os grupos. Além deste, outro fator seria a baixa frequência de quedas dos idosos do presente estudo (1 ou 2 quedas) diminuindo a sensibilidade destas medidas em comparação aos outros estudos. Esta explicação parece razoável, já que no estudo de Haibach e colaboradores (2008), por exemplo, foram avaliados idosos com histórico de duas ou mais quedas nos últimos 12 meses. Portanto, a interpretação dos resultados do presente estudo, relativos à força de acoplamento entre o estímulo visual e a oscilação corporal, deve ser realizada com base nestas considerações.

Um aspecto pioneiro nos resultados do presente estudo e que trazem novidade à literatura é a demonstração de que tarefas sacádicas podem alterar a dinâmica intrínseca do sistema de controle postural de idosos com e sem histórico de quedas. Em geral, os resultados mostraram um aumento na força deste relacionamento (i.e. maiores, valores de coerência) junto com uma diminuição na influência da estimulação visual (i.e. menores valores de ganho) sobre as oscilações corporais, de ambos os grupos, durante as tarefas sacádicas em comparação à tarefa de fixação do alvo e de olhar livre. É intrigante notar que embora o sistema de controle postural reduza a influência do movimento da sala para a execução das tarefas sacádicas (menores valores de ganho), valores de coerência mostram que tais oscilações se tornam mais correspondentes à estimulação visual durante estas tarefas. Isto sugere que as tarefas sacádicas não somente contribuem para a estabilização postural, como também ajudam a melhorar a calibração do sistema às constantes mudanças no estímulo visual. Este comportamento é muito relevante em idosos tendo em vista que um sistema fortemente acoplado a estímulos irrelevantes se torna mais susceptível a ser perturbado durante o processo de estabilização (JEKA et al., 2010).

Corroborando estas explicações, recentes resultados de nosso laboratório mostraram que adultos jovens, submetidos a mesma situação experimental, não mostraram atenuação das oscilações corporais durante as tarefas sacádicas e as respostas posturais ficaram temporalmente próximas aos movimentos da sala (artigo submetido à publicação). Isto significa que, diferentemente dos idosos, adultos jovens apresentaram um acoplamento mais coerente e flexível e não necessitaram de mecanismos visuais adicionais para atenuar a postura. Neste estudo, houve apenas uma diminuição na variabilidade do COP durante a tarefa sacádica com alvo imprevisível sugerindo que o aumento na dificuldade da tarefa visual exigiu uma maior automaticidade no controle da postura resultando em respostas mais calibradas à frequência do estímulo visual.

Os idosos do presente estudo também mostraram menor variabilidade de posição e velocidade durante as tarefas sacádicas em comparação as tarefas de fixação do olhar e olhar livre. Entretanto, idosos caidores apresentaram maior variabilidade de posição do COP quando comparados aos idosos não caidores indicando mais respostas posturais correspondendo à frequências diferentes daquela da estimulação visual (0,2 Hz). Portanto, a partir da comparação destes resultados com aqueles dos adultos jovens e dos idosos sem histórico de quedas, parece que aumento na variabilidade, neste caso, pode ser um indicativo de deterioração nos mecanismos centrais, o que tornaria os idosos mais propensos a cair.

Outro aspecto importante a ser discutido é que as características e restrições das tarefas visuais parecem ter sido importantes para a atenuação da postura, já que a diminuição dos valores de ganho ocorreu somente durante as tarefas sacádicas (alvo previsível e imprevisível), na qual o indivíduo tinha que atingir a posição acurada do alvo (restrição espacial/temporal) e/ou lidar com a imprevisibilidade do alvo (maior demanda atencional) ao mesmo tempo em que os ajustes no controle do olhar deveriam acomodar as constantes mudanças na posição do corpo (oscilações corporais). O movimento da sala móvel, neste caso, pode ter adicionado uma restrição ainda maior à execução destas tarefas, levando o sistema a reduzir a influência ao estímulo visual para facilitar a execução destas tarefas. Provavelmente, nas tarefas de fixação do alvo e olhar livre houve pouca demanda atencional/cognitiva e pequena restrição espacial aos olhos permitindo que tanto o sistema postural como o oculomotor atuassem em um modo preferido (SCHÖNER et al., 1998).

8.6 COMPORTAMENTO DO OLHAR DURANTE AS TAREFAS VISUAIS SACÁDICAS

Por fim, os resultados do comportamento do olhar durante as tarefas sacádicas indicaram que, diferentemente de idosos não caídores, os idosos caídores não foram capazes de modular o tempo de resposta dos olhos de acordo com as demandas das tarefas sacádicas, na condição de sala parada. Os resultados mostraram que somente os idosos não caídores apresentaram maior tempo de resposta dos olhos durante a tarefa com alvo imprevisível quando comparado à tarefa com alvo previsível. Interessantemente, idosos caídores mostraram tal modulação somente na condição de sala móvel.

Estudos têm mostrado que o envelhecimento leva a mudanças substanciais na capacidade dos idosos de processar as informações sensoriais em diferentes estágios, afetando os reflexos e a programação de respostas rápidas. Desta forma, a detecção de estímulos é enfraquecida e retarda a resposta motora (CÔRTEZ; GAMA; DIAS, 2007). Sabe-se que o tempo de reação simples (i.e. apenas uma escolha) aumenta com a idade (CLARKSON, 1978; LOVELESS, 1980; GOTTSANKER, 1982) e pode ser afetado pelo estilo de vida, sendo que em adultos mais saudáveis, o tempo de reação é mais rápido do que adultos menos saudáveis de idade comparável (STELMACH E WORRINGHAM, 1985). Em geral, idosos demonstram maior desaceleração no tempo de reação com um aumento no número de escolhas para atingir diferentes alvos em tarefas visuais difíceis, como é o caso da tarefa de alvo imprevisível no presente estudo. Mudanças nesta medida em indivíduos mais velhos sugerem uma maior necessidade de priorizar os recursos atencionais com o aumento de idade (HUDDLESTON et al., 2014).

Particularmente, os movimentos sacádicos são influenciados por processos atencionais (POSNER, 1980), sendo o tempo de reação e de movimento, indicadores do estado atencional do indivíduo sobre a tarefa (BRAUN; BREITMEYER, 1988; FISCHER; BREITMEYER, 1987). Adultos mais velhos apresentam tempos de reação mais lentos (MOSCHNER & BALOH, 1994) e acurácia reduzida dos movimentos oculares sacádicos (WARREN, THURTELL, CARROLL E WALL, 2013). Essas mudanças podem afetar a capacidade de resposta do idoso em ambientes complexos (BUNCE et al., 2004). Lajoie e Gallagher (2004) demonstraram que idosos caídores foram mais lentos para reagir rapidamente a um estímulo visual e sugeriram que medidas de resposta rápida a um evento, i.e., o tempo de reação, poderiam ser consideradas como um preditor de quedas nesta população devido à associação

entre os componentes sensoriais e motores envolvidos na execução das tarefas. Sendo assim, a falta de modulação no comportamento do olhar de idosos caídores pode prejudicar respostas mais rápidas a eventos no ambiente tornando esta população mais vulnerável à quedas. No entanto, modulação no comportamento do olhar de ambos os grupos em um ambiente visual dinâmico (sala móvel) suporta a ideia de que o SNC integra ambos os mecanismos visuais (aférentes e eférentes) para assegurar melhor desempenho das tarefas postural e visual.

9 CONCLUSÃO

Em conclusão, os achados do presente estudo revelam que a relação postura-olho é preservada em idosos com histórico de quedas apesar de exibirem pobre funcionamento dos sistemas oculomotor e postural em comparação aos idosos sem histórico de quedas. Idosos caidores, quando comparados a idosos não caidores, apresentaram maior magnitude de deslocamento do COP independentemente da estimulação visual e oscilações corporais em várias frequências quando expostos ao movimento da sala, o que os torna mais propensos ao risco de quedas. No entanto, os idosos caidores foram capazes de controlar a postura a partir da integração dos mecanismos visuais, assim como fizeram os idosos sem histórico de quedas. As tarefas sacádicas, quando comparadas às tarefas de fixação do olhar e olhar livre, reduziram as oscilações corporais e a influência do estímulo visual sobre as oscilações corporais, em ambos os grupos de idosos, sugerindo que os movimentos sacádicos dos olhos parecem recalibrar e sintonizar os sistemas postural e oculomotor a fim de que as demandas da tarefa visual sejam alcançadas. No entanto, idosos caidores, quando comparados a idosos não caidores, apresentam alterações no comportamento do olhar demonstrando ausência de modulação das respostas dos olhos frente às demandas das tarefas visuais, o que poderia comprometer sua capacidade de perceber e reagir rapidamente a eventos no ambiente. Em termos de aplicabilidade deste conhecimento, estudos recentes têm mostrado melhoras no controle do equilíbrio com exercícios de estabilidade do olhar, incluindo movimentos sacádicos e de perseguição suave. Assim, futuros estudos deveriam investigar as contribuições a longo prazo dos movimentos dos olhos para a estabilidade de idosos com histórico de quedas, buscando uma potencial ferramenta para diminuir o risco de quedas e melhorar a qualidade de vida desta população.

Os resultados provenientes dessa dissertação foram submetidos em forma de artigo científico para a revista *Experimental Brain Research* e, encontra-se em situação de revisão, já tendo recebido o primeiro parecer dos revisores.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, S. A. et al., Effects of saccadic eye movements on postural control in older adults. **Psychology & Neuroscience**, v. 8, n. 1, p. 19, 2015.

ALLISON L.K., KIEMEL T., JEKA J.J. Multisensory reweighting of vision and touch is intact in healthy and fall-prone older adults. **Experimental Brain Research**, v.175, n. 2, p. 342, 2006.

ALLISON, L. K., KIEMEL, T., JEKA, J. J. Sensory-Challenge Balance Exercises Improve Multisensory Reweighting in Fall-Prone Older Adults, **Journal of Neurologic Physical Therapy**, v.42, p. 84-93, 2018.

ANDERSON, M. I. P., Quedas seguidas de fratura e hospitalização em idosos: Frequência, circunstâncias e fatores de risco. **Tese (Doutorado em Epidemiologia) - Instituto de Medicina Social (IMS), Universidade Estadual do Rio de Janeiro (UERJ)**, Rio de Janeiro, 2003.

ANDRADE, L.P., STELLA, F., BARBIERI, F.A., RINALDI, N.M., HAMANAKA, A.Y.Y GOBBI, L.T.B. Efeitos de tarefas cognitivas no controle postural de idosos: Uma revisão sistemática, **Motricidade**, v. 7, n. 3, p. 19, 2011.

ANSAI, J.H et al. Revisão de dois instrumentos clínicos de avaliação para predizer risco de quedas em idosos. Rio de Janeiro: **Revista Brasileira Geriatria Gerontologia**, v. 17, n.1, p.177-189, 2014.

AJREZO L, WIENER-VACHER S, BUCCI MP. Saccades improve postural control: a developmental study in normal children. **PLoS One**, v.21 n.11, p.81066, 2013.

BARBOSA, J.M.M., PRATES, B.S.S, GONÇALVES, C.F, AQUINO, A.R, PARENTON, A.N. Efeito da realização simultânea de tarefas cognitivas e motoras no desempenho funcional de idosos da comunidade. **Fisioterapia e Pesquisa**, v. 15, n. 4, p. 374-9, 2008.

BARELA, J. A., GENOVES, G. G., ALLEONI, B., BARELA, A. M. F. Visual reweighting n postural control is less adaptative in older adults. **Health**, v. 5, n. 12, p. 7479, 2013.

BATISTELA, R.A. O efeito da informação háptica adicional no controle da postura em adultos jovens e em idosos (caidores e não caidores) durante a realização de tarefas cognitivas concomitantes. **Tese de Doutorado**. Universidade de São Paulo. 2018

BAUDRY, STÉPHANE; LECOEVRE, GEOFFREY; DUCHATEAU, JACQUES. Age related changes in the behavior of the muscle-tendon unit of the gastrocnemius medialis during upright stance. **Journal of Applied Physiology**, v.11, n.2, p.296-304, 2011.

BERG, K.; NORMAN, K. E. Functional assessment of balance and gait **Clinics in geriatric medicine**, v. 12, n. 4, p. 705-723, 1996.

BINDEMANN, M. Scene and screen center bias early eye movements in scene viewing. **Vision research**, v.50, n.23, p. 2577-2587, 2010.

BOULANGER, M.; GIRAUDET, G.; FAUBERT, J. Interaction between the oculomotor and postural systems during a dual-task: Compensatory reductions in head sway following visually-induced postural perturbations promote the production of accurate double-step saccades in standing human adults. **PLoS one**, v. 12, n. 3, p. 0173678, 2017.

BONNET, C. T. et al. Relations between eye movement, postural sway and cognitive involvement in unprecise and precise visual tasks. **Neuroscience**, v. 416, p. 177-189, 2019.

BONNET, C. T.; SZAFFARCZYK, S.; BAUDRY, S. Functional synergy between postural and visual behaviors when performing a difficult precise visual task in upright stance. **Cognitive Science**, v. 41, p. 1675–1693, 2017.

BONNET, C. T.; BAUDRY, S. Active vision task and postural control in healthy, young adults: Synergy and probably not duality. **Gait & Posture**, v. 48, p. 57–63, 2016.

BUCCI M.P.; SEASSAU M.; LARGER S., BUI-QUOC E, GERARD CL. Effect of visual attention on postural control in children with attention-deficit/hyperactivity disorder. **Research in Developmental Disabilities**, v.35, n.6, p. 1292, 2014.

BUKSMAN S, VILELA ALS, PEREIRA SRM, LINO VS, SANTOS VH. Sociedade Brasileira de Geriatria e Gerontologia. Projeto Diretrizes. **Associação Médica Brasileira e Conselho Federal de Medicina**. Queda em Idosos: Prevenção. Brasília: DF; 2008.

BRASIL, MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Banco de dados do Sistema Único de Saúde-DATASUS**. Disponível em <http://www.datasus.gov.br> [Acessado em 15 de março de 2019] .

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

BRITO, F.C E LITVOC, C. J. Envelhecimento prevenção e promoção da saúde. In: **Envelhecimento prevenção e promoção da saúde**. São Paulo, Atheneu p. 226-226, 2004.

BUNCE, D. J., MACDONALD, S. W. S., & HULTSCH, D. F. Inconsistency in serial choice responding decision and motor reaction times dissociate in younger and older adults. **Brain and Cognition** v. 5, n. 6, p. 320 –327, 2004.

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

CHIU AYY, AU-YEUNG SSY, LO SK. A comparison of four functional tests in discrimination fallers from non-fallers in older people. **Disabil Rehabil**, v. 25, n. 1, p. 45-50, 2003.

CLAPP, SALLY & WING, ALAN. Light touch contribution to balance in normal bipedal stance. **Experimental Brain Research**, v. 125 p. 521-524, 1999.

CLARKSON, P.M. The effect of age and activity level on simple and choice fractionated response time. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, v. 40 p. 17–25, 1978

COHEN, J. The statistical power of abnormal-social psychological research: A review. **Journal of Abnormal and Social Psychology**, v.1962 n.65, p.145-153, 1988.

COLOMBO-BARBOZAD GN. TAKASHI HIDA W. VAN DEN BERG A et al. Confiabilidade da previsão da acuidade visual pós-operatória de catarata mediante medição da acuidade visual pré-operatória utilizando o retinômetro Heine Lambda 100. **Arquivos Brasileiros de Oftalmologia**, v.73, n. 3, 2010.

CÔRTEZ, G.G.; GAMA, J.F.R.; DIAS, A.G. Processamento mental e tempo de reação em mulheres idosas ativas e praticantes de treinamento contra-resistência em comparação com idosas sedentárias e mulheres jovens. **Vértices**, Rio de Janeiro, v. 9, n. 1, p. 51-60, jan./dez. 2007.

DASCAL, J. B. Controle Postural de Idosos: Efeito da Perturbação Visual com o Uso do Sistema Âncora. **Tese de Doutorado em Ciência da motricidade**. Instituto de Biociências do Campus de Rio Claro. Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2009.

DOWIASCH, S., MARX, S., EINHÄUSER, W., & BREMMER, F. (2015). Efeitos do envelhecimento nos movimentos dos olhos no mundo real. **Frontiers in Human Neurocience**, 9, 46. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2015.00046>

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.

FABRÍCIO, S.C.C; RODRIGUES, R.A.P.; COSTA JUNIOR M.L. Causas e consequências de quedas de idosos atendidos em hospital público. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v. 38, n. 1, p. 93-99, fev., 2004.

FIORELLI, C. M., POLASTRI, P. F., RODRIGUES, S. T., BAPTISTA, A. M., PENEDO, T., PEREIRA, V. A. I., & BARBIERI, F. A. Gaze position interferes in body sway in young adults. **Neuroscience letters**, v. 660, p. 130-134, 2017.

FISCHER, B. The preparation of visually guided saccades. **Reviews in Physiology, Biochemistry & Pharmacology**, v.106, p. 1-35, 1987.

FREDMAN L, MAGAZINER J, HAWKES W, HEBEL JR, FRIED LP, KASPER J, GURALNIK J: Female hip fracture patients had poorer performance based functioning than community-dwelling peers over 2-year follow-up period. **Journal of Clinical Epidemiology**, v. 58, p. 1289–1298, 2005.

FREIRE JÚNIOR, R. C.; PORTO, J. M.; MARQUES, N. R.; MAGNANI, P. E.; ABREU, D. C. C. The effects of a simultaneous cognitive or motor task on the kinematics of walking in older fallers and non-fallers. **Human Movement Science**, v. 51, p. 146–152, 2017.

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.

FUKUSHIMA, J & HATTA, T & FUKUSHIMA, K. Development of voluntary control of saccadic eye movements: I. Age-related changes in normal children. **Brain & development**. V. 22, p.173-80, 2000.

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

GLASAUER, S., SCHNEIDER, E., JAHN, K., STRUPP, M. & BRANDT, T. How the eyes move the body. **Neurology**, v. 65, p. 1291-1293, 2005.

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. **Revista brasileira de Educação Física e Esporte**. 2018

GOTTSDANKER, R. Age and simple reaction time. **Journal of Gerontology**, v. 37, p.342–348, 1982.

GUERRAZ, M.; BRONSTEIN, AM Controle ocular versus extraocular da postura e equilíbrio. **Clinical Neurophysiology**, v. 38, n. 6, p. 391-398, 2008.

HAGEMAN, P.A.; LEIBOWITZ J.M.; BLANKE, D. Age and gender effects on postural control measures. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation** v. 76, p. 961-965, 1995.

HAIBACH, P. S., SLOBOUNOV, S. M., & NEWELL, K. M. The potential applications of a virtual moving environment for assessing falls in elderly adults. **Gait & Posture**, v. 27, p. 303–308, 2008.

HAY L, BARD C, FLEURY M, TEASDALE N. Availability of visual and proprioceptive afferent messages and postural control in elderly adults. **Experimental Brain Research**, v.108, p.129-139, 1996.

HENSON, C., STAUNTON, H., & BRETT, F. M. Does ageing have an effect on midbrain premotor nuclei for vertical eye movements. **Movement disorders**, v. 18, n. 6, p. 688-694. 2003.

HORAK, F. B.; MACPHERSON, J. M. Postural orientation and equilibrium. In: ROWELL, L. B.; SHERPHERD, J. T (Ed.) Handbook of physiology: a critical, comprehensive presentation of physiological knowledge and concepts. New York: **Oxford American Physiological Society**, p. 255–92. 1996.

HUDDLESTON, W.E, ERNEST, B.E, & KEENAN, K.G. Efeitos seletivos da idade na atenção visual e atenção motora durante uma tarefa sacádica com indicação. **Journal of Ophthalmology**, 2014.

IRVING, E. L. M.; STEINBACH, J.; LILLAKAS L.; BABU R. J.; HUTCHINGS N. “Horizontal saccade dynamics across the human life span,” **Investigative Ophthalmology and Visual Science**, v. 47, n. 6, p. 2478–2484, 2006.

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.; 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.

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.

KRAUSS T. P., SHURE L., LITTLE J. N., MATLAB Signal Processing Toolbox, **Mathworks Inc.**, 1994.

LAJOIE Y, GALLAGHER S.P. Predicting falls within the elderly community: comparison of postural sway, reaction time, the Berg balance scale and the Activiti specific Balance Confidence (ABC) Scale for comparing fallers and non-fallers. **Archives of Gerontology and Geriatrics**, v.38, p. 11-26, 2004.

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, 2010.

LEE, I.-CHIEH; PACHECO, MATHEUS M.; NEWELL, KARL M. The precision demands of viewing distance modulate postural coordination and control. **Human movement science**, v. 66, p. 425-439, 2019.

LEIGH R.J.; ZEE D.S. The neurology of eye movement. New York: Oxford University Press; 2006.

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**, São Paulo, v.16, n.1, p.52-8, jan./mar 2009.

LORD S.R., SHERRINGTON C., MENZ H.B. Falls in older people: Risk factors and strategies for prevention. **Cambridge**: Cambridge University Press. 2001.

LOVELESS, N.E. Aging effects in simple reaction time and voluntary movement paradigms. **Progress in Brain Research**, v.54, p.547–551, 1980.

LUNA, B.; VELANOVA, K. & GEIER, C. F. Development of eye-movement control. **Brain and cognition**, v. 68, n. 3, p. 293–308, 2008.

MACHADO, M.C.I; GUIMARÃES, LA; CARVALHO, AK. Quedas em idosos: estudo bibliográfico dos fatores determinantes. **Nunciopolítica.**; v. 1, n. 1, p. 1-17, 2012.

MAIA, B.C., VIANA, P.S., ARANTES, P.M.M., ALENCAR, M.A. Consequências das quedas em idosos vivendo na comunidade. **Revista Brasileira. Geriatria. Gerontologia**, v.14, n.2, p. 381-393, 2011.

MAKIZAKO, H.; FURUNA, T.; IHIRA, H.; SHIMADA, H. Age-related differences in the influence of cognitive task performance on postural control under unstable balance conditions. **International Journal of Gerontology**, v. 7, p. 199-204, 2013

MANFIO E.F., MUNIZ M.A.S., RABELLO B.V. Relação entre equilíbrio estático e a força de reação do solo. **Anais eletrônicos do 11º Congresso Brasileiro de Biomecânica**; 2005; João Pessoa, PB. João Pessoa; 2005.

MELZER I, BENJUYA N, KAPLANKY J. Age-related changes of postural control: effect of cognitive tasks. **Gerontology**, v. 47, n. 4 p. 189-94, 2001.

MITRA, S.; FRAIZER, E. V. Effects of explicit sway-minimization on postural suprapostural dual-task performance. **Human Movement Science**, v. 23, p. 1-20, 2004

MOSCHNER, C., & BALOH, R. W. Age-related changes in visual tracking. **Journal of Gerontology**, v.49, 1994.

MOTA RS, DIAS BB, GENOVA TC, TAMBORELLI V, PUCCINI PT, PEREIRA VV. Concordância entre a Escala de Berg Balance e o Biodex Balance System para predizer risco de queda em idosos. **Revista Médica do IAMSPE**, v. 32, n. 3-4, p. 129-34, 2007.

NASHNER, L. Analysis of stance posture in humans. **Motor Coordination**, p. 527–565, 1981.

PAPALÉO NETTO, M. Gerontologia: a velhice e o envelhecimento em visão globalizada. São Paulo: Atheneu, 1996.

PAQUETTE C, FUNG J. Old age affects gaze and postural coordination. **Gait Posture**, v. 33, n. 2, p. 227-32, 2011.

PARKHURST, D. J.; NIEBIR, E. Modeling the role of salience in the allocation of overt visual attention. **Vision Research**, v.42, p.107-123, 2002.

PÍCOLI, T.S., FIGUEIREDO, L.L., PATRIZZI, L.J., Sarcopenia e envelhecimento. **Fisioterapia Movimento**, v. 24, n. 3, p. 455-62, jul/set. 2011.

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, p. 227-234, 2019.

POSNER, MI, SNYDER, CR E DAVIDSON, B.J. Attention and the detection of signals. **Journal of Experimental Psychology: General**, v. 109, n. 2, p. 160, 1980.

PRIOLI, A.C; CARDOZO, A.S, JUNIOR, P. B.F.; BARELA, J.A., Task demand effects on postural control in older adults. **Human Movement Science**, v.25,2006.

PRIOLI, A.C, FREITAS, P. BARELA, J. Physical Activity and Postural Control in the Elderly: Coupling between Visual Information and Body Sway. **Gerontology**, v. 51, p.145 - 148, 2005.

PROUDLOCK, F. A., SHEKHAR, H., & GOTTLÖB, I. Age-related changes in head and eye coordination. **Neurobiology of Aging**, v. 25, n. 10, p. 1377-1385, 2004.

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.

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.

ROSENBAUM, David A. Human Motor Control (Second Edition), **Academic Press**, v.6, p. 173-209, 2010. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374226-1.00006-1>.
(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780123742261000061>)

SALMAN A, PARMAR P, VANILA C G, THOMAS P A, NELSON JESUDASAN C A. Is ultrasonography essential before surgery in eyes with advanced cataracts. **Journal of Postgraduate Medicine**, v. 52, n. 19 p. 22, 2006.

SANCHES, C.; GENOVES, G.G; BARELA, J.A. Efeito de tarefa dupla no controle postural de adultos idosos: acoplamento sensorio-motor. **Trabalho de conclusão de curso (bacharelado - Educação Física) - Universidade Estadual Paulista**, Instituto de Biociências de Rio Claro, 2015. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/131779>>.

SANTINELLI, F.; EMMERIK, R.; ARAÚJO, F.; IMAIZUMI, L.; PENEDO, T.; CANZONIERI, A.; RODRIGUES, S.; POLASTRI, P.; BARBIERI, F. Saccadic eye movements are able to reduce body sway in mildly affected people with Multiple Sclerosis. **Multiple Sclerosis and Related Disorders**, v. 30, p.63-69, 2019.

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.

SHERRINGTON C, LORD SR: Increased prevalence of fall risk factors in older people following hip fracture. **Gerontology**, v.44, p. 340–344, 1998.

SHUMWAY-COOK, A.; WOOLLACOTT, M. H. Controle Motor - Teorias e Aplicações Práticas. 2ª Edição, Manole, São Paulo, 2006.

SIHVONEN S.; KULMALA J.; KALLINEN M. et al. Postural balance and self-reported balance confidence in older adults with a hip fracture history. **Gerontology**, v. 55 p. 630–636, 2009.

STELMACH, G.E.; WORRINGHAM, C.J. Sensorimotor deficits related to postural stability: implications for falling in the elderly. **Clinics in geriatric medicine**, v.1, n. 3, p. 679-694, 1985.

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., BARD, C., LARUE, J., & FLEURY, M. On the cognitive penetrability of posture control. **Experimental Aging Research**, v.19, n. 1, p. 1-13, 1993.

THOMAS, N.M.; BAMPOURAS, T.M.; DONOVAN, T.; DEWHURST, S. Eye movements affect postural control in young and older females. **Frontiers in Aging Neuroscience**, v. 8, p. 1–11, 2016. <https://doi.org/10.3389/fnagi.2016.00216.2016>.

TIAN, Y. L., KANADE, T., & COHN, J. F. Dual-state parametric eye tracking. **In Proceedings Fourth IEEE International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition**, p. 110-115, mar., 2000.

TOLEDO, D.R.; BARELA, J.A. Sensory and motor differences between young and older adults: Somatosensory contribution to postural control. **Revista Brasileira de Fisioterapia**, v. 14, p. 267-275, 2010.

VIANA SOARES, ELIZABETH. Reabilitação vestibular em idosos com desequilíbrios para marcha. **Perspectivas Online**, v.1, n. 3, p. 88-100, 2007.

WADE M.G.; LINDQUIST R.; TAYLOR J.R.; TREAT-JACOBSON D. Optical flow, spatial orientation, and the control of posture in the elderly. **Journal of Gerontology**, v. 50, n. 1, p. 51, 1995.

WARREN, D. E., THURTELL, M. J., CARROLL, J. N., & WALL. Perimetric evaluation of saccadic latency, saccadic accuracy, and visual threshold for peripheral visual stimuli in young compared with older adults. **Investigative Ophthalmology & Visual Science**, v. 54, p. 5778–5787, 2013.

WITTER, C., BURITI, M.A., SILVA, G.B NOGUEIRA, R.S GAMA, E.F. Envelhecimento e dança: análise da produção científica na Biblioteca Virtual de Saúde **Revista Brasileira Geriatria Gerontologia**, Rio de Janeiro, v. 16, n. 1, p. 191-199. 2013

YANG, QING & KAPOULA, ZOI. The control of vertical saccades in aged subjects. **Experimental brain research**, v.171, p. 67-77, 2006.

YANG, Q.; T T LÊ, T.T.; DEBAY, E.; C ORSSAUD, C.; MAGNIER, G.; Z KAPOULA, Z. Rare express saccades in elderly fallers. **Clinical Interventions in Aging**, v. 3, n. 4, p. 691–698, 2008.

YARDLEY, Lucy et al. Development and initial validation of the Falls Efficacy Scale-International (FES-I). **Age and ageing**, v. 34, n. 6, p. 614-619, 2005.

YEH, TT, CINELLI, ME, LYONS, JL, & LEE, TD. Age-related changes in postural control to the demands of a precision task. **Human movement Science**, v. 44, p. 134-142, 2015.

ANEXO I – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO - (TCLE)
(Conselho Nacional de Saúde, Resolução 466/12)

Título do Projeto: “Efeito de diferentes tarefas visuais nas respostas posturais e no desempenho do olhar de idosos com e sem histórico de quedas”.

Pesquisadora: Nathaly Freitas de Souza

Orientadora: Profa. Dra. Paula Fávoro Polastri Zago

Eu, Nathaly Freitas de Souza, aluna do programa de pós-graduação em Ciências da Motricidade, orientada pela Profa. Dra Paula Fávoro Polastri Zago, professora do Departamento de Educação Física / UNESP – Bauru, gostaria de convidá-lo(a) a participar do projeto de pesquisa “Efeito de diferentes tarefas visuais nas respostas posturais e no desempenho ocular de idosos com e sem histórico de quedas”. Todas as informações/dúvidas sobre este projeto podem ser esclarecidas por este documento ou pessoalmente e a qualquer momento durante a realização do mesmo.

Objetivo: O objetivo do presente estudo será investigar o efeito das diferentes tarefas visuais nas respostas posturais e no desempenho ocular de idosos caídores e não-caídores frente à manipulação do fluxo óptico. Ou seja, será que a sua postura é influenciada quando você está realizando alguma tarefa que demanda sua atenção (tarefa visual) ao mesmo tempo em que está mantendo sua postura?

Procedimentos: O(a) senhor(a) será convidado a comparecer ao Departamento de Educação Física da UNESP/BAURU para realização dos testes. A duração total dos testes será de aproximadamente 90 minutos. Inicialmente, mediremos sua massa (peso) e sua estatura. Após este procedimento serão realizados os testes descritos abaixo:

- a) Avaliação visual – o participante será solicitado(a) a ler linhas de letras que vão diminuindo progressivamente, dispostas em um cartaz que estará fixado a uma distância de três metros (Teste de acuidade visual);
- b) Teste de Equilíbrio - o participante será solicitado(a) a realizar tarefas comuns à vida diária, tais como, pegar objetos do chão, permanecer em pé com os olhos fechados, dentre outras (Teste Berg Balance Scale);

- c) Avaliação das respostas posturais – o participante será solicitado(a) a permanecer em pé sobre uma plataforma de força, dentro de uma cabine com listras pretas e brancas, utilizando um equipamento de rastreamento do olhar, e sua tarefa será ficar o mais parado(a) possível e realizar uma tarefa visual.

Riscos possíveis: Os procedimentos deste projeto apresentam riscos semelhantes a quando o(a) senhor(a) está mantendo o equilíbrio em atividades estáticas (paradas), comuns ao seu cotidiano. No entanto, a fim de evitar quaisquer problemas ou ocorrência de quedas durante a execução da tarefa proposta, o experimentador ficará posicionado próximo ao participante por todo o período da coleta. Ainda, para evitar que o participante sinta algum desconforto ou cansaço serão realizados períodos de descanso regulares durante os procedimentos do projeto.

Benefícios: A participação nessa pesquisa lhe proporcionará conhecimento sobre sua acuidade visual, suas medidas de massa (peso) e estatura, resultados referentes ao seu estado mental e seu nível de oscilação corporal.

Despesas e compensações: Havendo necessidade de custos com a locomoção dos participantes, o pesquisador se disponibilizará para realizar o transporte. Também, não há compensação financeira relacionada a sua participação. Se existir qualquer despesa adicional, ela será absorvida pelo orçamento da pesquisa. Em caso de dano pessoal, diretamente causado pelos procedimentos ou tratamentos propostos neste estudo o participante será encaminhado para atendimento especializado, bem como terá direito às indenizações legalmente estabelecidas.

Confidencialidade: Todas as informações obtidas no estudo serão confidenciais e o seu nome não será divulgado em momento algum. Apenas terão acesso a essas informações o(a) senhor(a) e o pesquisador responsável. Ainda, toda e qualquer informação será utilizada apenas para fins acadêmicos exclusivos deste projeto com a publicação em revistas científicas e apresentação em congressos, sem que dados de identificação dos participantes sejam divulgados.

Esclarecimentos e Liberdade para interromper a participação: É importante que todas as suas dúvidas sejam esclarecidas antes de sua participação no estudo. Esta participação não é obrigatória, mas sim voluntária. Desta forma, o(a) senhor(a) terá liberdade, a qualquer

momento, de se recusar a continuar participando da pesquisa e retirar o seu consentimento, sem qualquer penalização ou prejuízo. A participação nesta pesquisa não trará gastos nem benefícios financeiros e todos os resultados das avaliações serão disponibilizados e explicados ao final da pesquisa.

Informações dos Responsáveis pela Pesquisa: PROFA DRA PAULA FÁVARO POLASTRI ZAGO pelo e-mail paula.polastri@unesp.br telefone (19) 99749-6579 Departamento de Educação Física / UNESP / Praça de Esportes - Av. Eng. Luiz Edmundo Carrijo Coube, 14-01, CEP: 17033-360 - Bauru, SP ou Nathaly Freitas de Souza (14) 99759-6866. E caso queira fazer alguma reclamação ou consulta sobre a veracidade e seriedade da pesquisa, poderá entrar em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Ciências UNESP, **fone: (14) 3103-9400**, e-mail: cepesquisa@fc.unesp.br, localizado na Faculdade de Ciências, cujo endereço se encontra acima.

A sua assinatura neste formulário indica que você entendeu satisfatoriamente as informações relativas a sua participação, todas as suas dúvidas foram esclarecidas e concorda com esta participação. Sendo assim, favor preencher os dados e assinar. Uma cópia deste formulário foi entregue a você para os seus arquivos e futura referência.

Bauru, _____ de _____ de _____.

Nome do participante: _____.

Data de nascimento: ____/____/____.

Endereço: _____

Telefone para contato: _____.

Assinatura do(a) participante

Profa. Dra Paula Fávaro Polastri Zago
(Professora Responsável)

Nathaly Freitas de Souza
(Aluna Responsável)

ANEXO II – TESTE BERG BALANCE SCALE

ESCALA DE EQUILÍBRIO DE BERG

1. Posição sentada para posição em pé.

Instruções: Por favor, levante-se. Tente não usar suas mãos para se apoiar.

- () 4 capaz de levantar-se sem utilizar as mãos e estabilizar-se independentemente.
- () 3 capaz de levantar-se independentemente e estabilizar-se independentemente.
- () 2 capaz de levantar-se utilizando as mãos após diversas tentativas.
- () 1 necessita de ajuda mínima para levantar-se ou estabilizar-se.
- () 0 necessita de ajuda moderada ou máxima para levantar-se.

2. Permanecer em pé sem apoio

Instruções: Por favor, fique em pé por 2 minutos sem se apoiar.

- () 4 capaz de permanecer em pé com segurança por 2 minutos.
- () 3 capaz de permanecer em pé por 2 minutos com supervisão.
- () 2 capaz de permanecer em pé por 30 segundos sem apoio.
- () 1 necessita de várias tentativas para permanecer em pé por 30 segundos sem apoio.
- () 0 incapaz de permanecer em pé por 30 segundos sem apoio.

Se o paciente for capaz de permanecer em pé por 2 minutos sem apoio, dê o número total de pontos para o item 3. Continue com o item 4.

3. Permanecer sentado sem apoio nas costas, mas com os pés apoiados no chão ou num banquinho.

Instruções: Por favor, fique sentado sem apoiar as costas, com os braços cruzados, por 2 minutos.

- () 4 capaz de permanecer sentado com segurança e com firmeza por 2 minutos.
- () 3 capaz de permanecer sentado por 2 minutos com supervisão.
- () 2 capaz de permanecer sentado por 30 segundos.
- () 1 capaz de permanecer sentado por 10 segundos.
- () 0 incapaz de permanecer sentado sem apoio por 10 segundos.

4. Posição em pé para posição sentada.

Instruções: Por favor, sente-se.

- 4 senta-se com segurança, com uso mínimo das mãos.
- 3 controla a descida utilizando as mãos.
- 2 utiliza a parte posterior das pernas contra a cadeira para controlar a descida.
- 1 senta-se independentemente, mas tem descida sem controle.
- 0 necessita de ajuda para sentar-se.

5. Transferências.

Instruções: Arrume as cadeiras perpendicularmente ou uma de frente para a outra, para uma transferência em pivô. Peça ao paciente que se transfira de uma cadeira com apoio de braço para uma cadeira sem apoio de braço, e vice-versa. Você poderá utilizar duas cadeiras ou uma cama e uma cadeira.

- 4 capaz de transferir-se com segurança com uso mínimo das mãos.
- 3 capaz de transferir-se com segurança com o uso das mãos.
- 2 capaz de transferir-se seguindo orientações verbais e/ou supervisão.
- 1 necessita de uma pessoa para ajudar.
- 0 necessita de duas pessoas para ajudar ou supervisionar a tarefa com segurança.

6. Permanecer em pé sem apoio com os olhos fechados.

Instruções: Por favor, fique em pé e feche os olhos por 10 segundos.

- 4 capaz de permanecer em pé por 10 segundos com segurança.
- 3 capaz de permanecer em pé por 10 segundos com supervisão.
- 2 capaz de permanecer em pé por 3 segundos.
- 1 incapaz de permanecer com os olhos fechados durante 3 segundos, mas mantém-se em pé.
- 0 necessita de ajuda para não cair.

7. Permanecer em pé sem apoio com os pés juntos.

Instruções: Junte seus pés e fique em pé sem se apoiar.

- 4 capaz de posicionar os pés juntos, independentemente, e permanecer por 1 minuto com segurança.
- 3 capaz de posicionar os pés juntos, independentemente, e permanecer por 1 minuto com supervisão.

- () 2 capaz de posicionar os pés juntos, independentemente, e permanecer por 30 segundos.
- () 1 necessita de ajuda para posicionar-se, mas é capaz de permanecer com os pés juntos durante 15 segundos.
- () 0 necessita de ajuda para posicionar-se e é incapaz de permanecer nessa posição por 15 segundos.

8. Alcançar à frente com o braço estendido, permanecendo em pé.

Instruções: Levante o braço a 90°. Estique os dedos e tente alcançar à frente o mais longe possível. O examinador posiciona a régua no fim da ponta dos dedos quando o braço estiver a 90°. Ao serem esticados para frente, os dedos não devem tocar a régua. A medida a ser registrada é a distância que os dedos conseguem alcançar quando o paciente se inclina para frente o máximo que consegue. Quando possível peça ao paciente que use ambos os braços, para evitar rotação do tronco.

- () 4 pode avançar à frente mais que 25cm com segurança.
- () 3 pode avançar à frente mais que 12,5cm com segurança.
- () 2 pode avançar à frente mais que 5cm com segurança.
- () 1 pode avançar à frente, mas necessita de supervisão.
- () 0 perde o equilíbrio na tentativa, ou necessita de apoio externo.

9. Pegar um objeto do chão a partir de uma posição em pé.

Instruções: Pegue o sapato/chinelo que está na frente dos seus pés.

- () 4 capaz de pegar o chinelo com facilidade e segurança.
- () 3 capaz de pegar o chinelo, mas necessita de supervisão.
- () 2 incapaz de pegá-lo mas se estica, até ficar a 2-5cm do chinelo, e mantém o equilíbrio independentemente.
- () 1 incapaz de pegá-lo, necessitando de supervisão enquanto está tentando.
- () 0 incapaz de tentar, ou necessita de ajuda para não perder o equilíbrio ou cair.

10. Virar-se e olhar para trás por cima dos ombros direito e esquerdo enquanto permanece em pé.

Instruções: Vire-se para olhar diretamente atrás de você por cima do ombro esquerdo, sem tirar os pés do chão. Faça o mesmo por cima do ombro direito. O examinador poderá pegar um objeto e posicioná-lo diretamente atrás do paciente para estimular o movimento.

- () 4 olha para trás de ambos os lados com boa distribuição do peso.
- () 3 olha para trás somente de um lado; o lado contrário demonstra menor distribuição do peso.
- () 2 vira somente para os lados, mas mantém o equilíbrio.
- () 1 necessita de supervisão para virar.
- () 0 necessita de ajuda para não perder o equilíbrio ou cair.

11. Girar 360°

Instruções: Gire completamente em torno de si mesmo. Pausa. Gire completamente em torno de si mesmo para o lado contrário.

- () 4 capaz de girar 360° com segurança em 4 segundos ou menos.
- () 3 capaz de girar 360° com segurança somente para um lado em 4 segundos ou menos.
- () 2 capaz de girar 360° com segurança, mas lentamente.
- () 1 necessita de supervisão próxima ou orientações verbais.
- () 0 necessita de ajuda enquanto gira.

12. Posicionar os pés alternadamente no degrau ou banquinho enquanto permanece em pé sem apoio.

Instruções: Toque cada pé alternadamente no degrau/banquinho. Continue até que cada pé tenha tocado o degrau/banquinho 4 vezes.

- () 4 capaz de permanecer em pé independentemente e com segurança, completando 8 movimentos em 20 segundos.
- () 3 capaz de permanecer em pé independentemente e completar 8 movimentos em mais de 20 segundos.
- () 2 capaz de completar 4 movimentos sem ajuda.
- () 1 capaz de completar mais de 2 movimentos com o mínimo de ajuda.
- () 0 incapaz de tentar ou necessita de ajuda para não cair.

13. Permanecer em pé sem apoio com um pé à frente.

Instruções: Demonstre para o paciente. Coloque um pé diretamente à frente do outro na mesma linha; se você achar que não irá conseguir, coloque o pé um pouco mais à frente do outro pé e levemente para o lado.

- () 4 capaz de colocar um pé imediatamente à frente do outro, independentemente, e permanecer por 30 segundos.

- () 3 capaz de colocar um pé um pouco mais à frente do outro e levemente para o lado, independentemente, e permanecer por 30 segundos.
- () 2 capaz de dar um pequeno passo, independentemente, e permanecer por 30 segundos.
- () 1 necessita de ajuda para dar o passo, porém permanece por 15 segundos.
- () 0 perde o equilíbrio ao tentar dar um passo ou ficar em pé.

14. Permanecer em pé sobre uma perna.

Instruções: Fique em pé sobre uma perna o máximo que você puder sem se segurar.

- () 4 capaz de levantar uma perna, independentemente, e permanecer por mais de 10 segundos.
- () 3 capaz de levantar uma perna, independentemente, e permanecer por 5-10 segundos.
- () 2 capaz de levantar uma perna, independentemente, e permanecer por 3 ou 4 segundos.
- () 1 tenta levantar uma perna, mas é incapaz de permanecer por 3 segundos, embora permaneça em pé independentemente.
- () 0 incapaz de tentar, ou necessita de ajuda para não cair.

TOTAL: _____

ANEXO III – FALLS EFFICACY SCALE INTERNATIONAL (FES-I)

Escala de eficácia de quedas – Internacional – Brasil (FES-I-Brasil)

Agora nós gostaríamos de fazer algumas perguntas sobre qual é sua preocupação a respeito da possibilidade de cair. Por favor, responda imaginando como você normalmente faz a atividade. Se você atualmente não faz a atividade (por ex. alguém vai às compras para você), responda de maneira a mostrar como você se sentiria em relação a quedas se você tivesse que fazer essa atividade. Para cada uma das seguintes atividades, por favor, marque o quadradinho que mais se aproxima de sua opinião sobre o quão preocupado você fica com a possibilidade de cair, se você fizesse esta atividade.

		Nem um pouco preocupado 1	Um pouco preocupado 2	Muito preocupado 3	Extremamente preocupado 4
1	Limpando a casa (ex: passar pano, aspirar ou tirar a poeira)	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>
2	Vestindo ou tirando a roupa	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>
3	Preparando refeições simples	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>
4	Tomando banho	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>
5	Indo às compras	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>
6	Sentando ou levantando de uma cadeira	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>
7	Subindo ou descendo escadas	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>
8	Caminhando pela vizinhança	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>
9	Pegando algo acima de sua cabeça ou do chão	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>

10	Ir atender o telefone antes que pare de tocar	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>
11	Andando sobre superfície escorregadia (ex: chão molhado)	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>
12	Visitando um amigo ou parente	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>
13	Andando em lugares cheios de gente	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>
14	Caminhando sobre superfície irregular (com pedras, esburacada)	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>
15	Subindo ou descendo uma ladeira	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>
16	Indo a uma atividade social (ex: ato religioso, reunião de família ou encontro no clube)	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>

ANEXO IV – FICHA DE AVALIAÇÃO

COMPARAÇÃO DO DESEMPENHO EM TESTES DE EQUILÍBRIO CORPORAL EM IDOSOS CAIDORES E NÃO CAIDORES.

Examinador (a): _____ Data: ___/___/___

Nome do paciente: _____

Data de nascimento: ___/___/___ Idade: _____ Sexo: M () F () Cor: _____

Peso: _____ Estatura: _____

Endereço: _____

Estado civil: () Solteiro () Casado () Viúvo () Divorciado () Tel: _____

Profissão ou ocupação atual: _____

Escolaridade: _____

() Analfabeto () Ensino fundamental até 8º série () Ensino médio – até 3º ano científico ou magistério () Ensino superior – especifique a formação _____

() Pós graduação _____

Quantas vezes o (a) senhor (a) caiu nos últimos 12 meses? () nenhuma () até 3 vezes () mais de 3 vezes () outro _____

O(a) senhor(a) sofreu alguma fratura ou lesão () Sim () Não

O(a) senhor(a) tem medo de cair novamente? () Sim () Não

Medicamentos em uso: () Sim () Não Quantidade: () 0-3 tipos () 4-7 tipos () mais de 8

Especificar: _____

Nos últimos 3 meses o (a) senhor (a) sofreu alguma fratura em membro inferior? () Sim () Não

Não Especificar: _____

Patologias associadas:

() Diabetes-glicose acima de 126 mg/dL

() Doenças respiratórias (asma, bronquite, sinusite, enfisema)

Outras: _____

() Doenças neuropsiquiátricas (AVE, depressão, doença de Parkinson)

Outras: _____

() Doenças cardiovasculares (hipotensão arterial, HAS, infarto arritmias, ICC)

Outras: _____

Doenças músculo-esqueléticas (artrose, reumatismo, osteoartrite)

Outras: _____

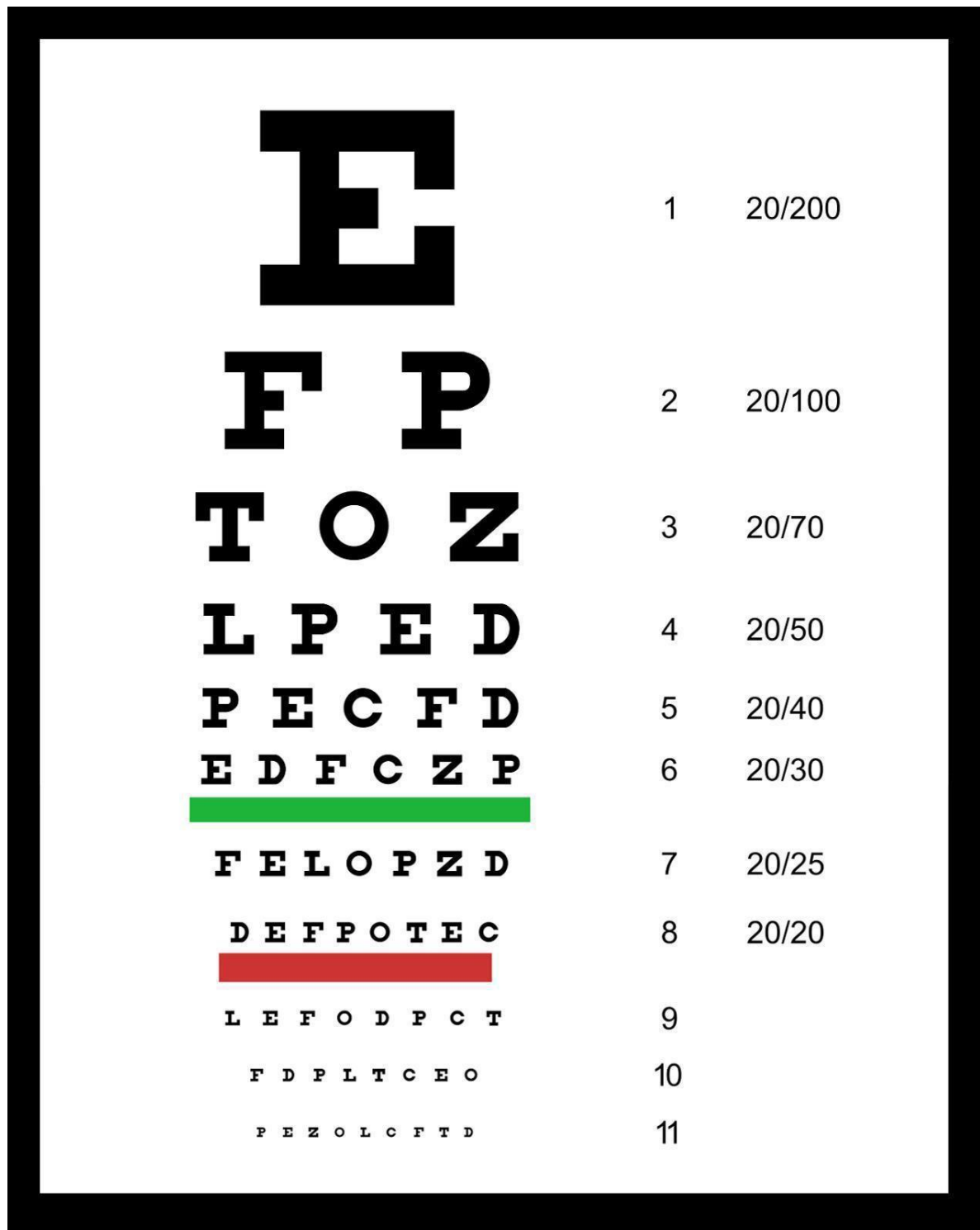
Neoplasias Incontinência urinária incontinência fecal

Outras: _____

Outros fatores:

Fumo Álcool Problemas auditivos Desequilíbrio Alterações no sono

ANEXO V- TESTE DE SNELLEN



Fonte: https://www.provisu.ch/images/PDF/Snellenchart_pt.pdf