

Ivelize Albuquerque Silva Freire

**EFFECTIVIDADE DE UM PROGRAMA DE EXERCÍCIOS  
SENSORIOMOTORES NA PROPRIOCEPÇÃO, EQUILÍBRIO,  
FORÇA MUSCULAR, MOBILIDADE FUNCIONAL  
E RISCO DE QUEDAS EM IDOSOS**

Universidade Fernando Pessoa  
Faculdade de Ciências da Saúde

Porto, outubro de 2022



Ivelize Albuquerque Silva Freire

**EFFECTIVIDADE DE UM PROGRAMA DE EXERCÍCIOS  
SENSORIOMOTORES NA PROPRIOCEPÇÃO, EQUILÍBRIO,  
FORÇA MUSCULAR, MOBILIDADE FUNCIONAL  
E RISCO DE QUEDAS EM IDOSOS**

Universidade Fernando Pessoa  
Faculdade de Ciências da Saúde

Porto, outubro de 2022

Ivelize Albuquerque Silva Freire

**EFFECTIVIDADE DE UM PROGRAMA DE EXERCÍCIOS  
SENSORIOMOTORES NA PROPRIOCEPÇÃO, EQUILÍBRIO,  
FORÇA MUSCULAR, MOBILIDADE FUNCIONAL  
E RISCO DE QUEDAS EM IDOSOS**

**Declaração do autor**

Declaro para os devidos fins que o trabalho apresentado foi realizado de acordo com o regulamento da Universidade Fernando Pessoa - Faculdade de Ciências da Saúde – Porto. O trabalho é de autoria própria, com exceção dos trechos em que referências bibliográficas são citadas. A Universidade Fernando Pessoa - Faculdade de Ciências da Saúde – Porto não contribuiu com qualquer opinião ou expressão, sendo, então, todos os pontos de vistas oriundos da própria autora. Este trabalho não foi apresentado para avaliação noutras instituições de ensino superior portuguesas ou estrangeiras.

Dissertação apresentada à Universidade Fernando  
Pessoa, orientada pelo Mestre Adérito Seixas, como  
parte dos requisitos para obtenção do grau de  
Mestre em Fisioterapia Senescência.

Assinatura: Ivelize Albuquerque Silva Freire

Data: 20 / 10 / 2022

## **Resumo**

**Introdução:** Os sistemas sensoriais fornecem as informações necessárias para que resposta motora seja fornecida. Frequentemente, são a fraqueza muscular e a sarcopenia os fatores mais preponderantes para aumento dos índices de comorbidades associadas às quedas, muitos idosos recebem como orientação profissional, apenas, sugestão de fortalecimento muscular. Nesse sentido, o objetivo deste trabalho é avaliar a efetividade de um programa de exercícios sensoriomotores na acuidade proprioceptiva, equilíbrio, força muscular, mobilidade funcional e risco de quedas em idosos institucionalizados.

**Metodologia:** 56 participantes ( $84.6 \pm 8.4$  anos) foram distribuídos aleatoriamente entre os grupos controle (GC,  $n=28$ ) e grupo intervenção (GI,  $n=28$ ). O GC realizou protocolo baseado em aquecimento, fortalecimento muscular e relaxamento e o GI realizou a mesma intervenção, com acréscimo dos exercícios sensoriomotores. Foram avaliados o Senso de Posição Articular (SPA) em ambos os membros nas angulações de  $20^\circ$  e  $45^\circ$ , o equilíbrio, a mobilidade funcional, o medo de cair dos idosos e a força muscular dos quadricípites, isquiotibiais, adutores e abdutores em ambos os membros, antes e após as 12 semanas de intervenção.

**Resultados:** Ambos os grupos apresentaram ganho de força muscular. Ao analisar a funcionalidade através do TUG, antes e depois para cada grupo de maneira isolada, ambos apresentaram diferença significativa (GC  $p=0,002$ ; GI  $p<0,001$ ). Para a variável SPPB, verificaram-se diferenças significativas no GI no equilíbrio ( $p<0,001$ ), tempo de velocidade da marcha (s) ( $p=0,004$ ) e sentar-levantar ( $p=0,002$ ). No SPA, foram registradas diferenças significativas para o Erro Absoluto  $45^\circ$  Não Dom ( $p=0,045$ ) e Erro Relativo  $45^\circ$  Não Dom ( $p=0,045$ ) no GC e Erro Relativo  $45^\circ$  Não Dom para GI ( $p=0,018$ ). Na variável FES-I verificaram-se melhorias significativas no GC ( $p=0,006$ ) e no GI ( $p=0,002$ ). Todavia, apenas no GI se verificaram melhorias significativas ( $p = 0,013$ ) para ABC numa comparação entre antes e após o período de 12 semanas de pesquisa.

**Conclusões:** A efetividade dos exercícios sensoriomotores proporciona nos idosos ganho de equilíbrio e impacta positivamente na confiança deles ao realizarem suas funções. Conclui-se que o protocolo apresentado em seus diferentes níveis de dificuldade seja eficaz e importante para a qualidade de vida do idoso sedentário institucionalizado.

**Palavras-chaves:** Equilíbrio, Idosos, Exercícios Sensoriomotores, Risco de Queda, Qualidade de Vida.

## **Abstract**

**Introduction:** Sensory systems provide the information necessary for a motor response to be provided. Often, muscle weakness and sarcopenia are the most predominant factors for the increase in the rates of comorbidities associated with falls, many elderly people receive only the suggestion of muscle strengthening as professional guidance. In this sense, the objective of this study is to evaluate the effectiveness of a sensorimotor exercise program on proprioceptive acuity, balance, muscle strength, functional mobility and risk of falls in institutionalized elderly.

**Methodology:** 56 participants ( $84.6 \pm 8.4$  years) were randomly assigned to the control group (CG,  $n=28$ ) and intervention group (IG,  $n=28$ ). The CG performed a protocol based on warm-up, muscle strengthening and calm down and the IG performed the same intervention, with the addition of sensorimotor exercises. Joint Position Sense (SPA) in both limbs at  $20^\circ$  and  $45^\circ$  angles, balance, functional mobility, fear of falling in the elderly and muscle strength of the quadriceps, hamstrings, adductors and abductors in both limbs were evaluated before and after the 12 weeks of intervention.

**Results:** Both groups showed gains in muscle strength. When analyzing functionality through TUG, before and after for each group in isolation, both showed a significant difference (CG  $p=0.002$ ; IG  $p<0.001$ ). For the SPPB variable, there were significant differences in the IG regarding balance ( $p<0.001$ ), gait speed time (s) ( $p=0.004$ ) and sit-stand ( $p=0.002$ ). In the SPA, significant differences were recorded for the Absolute Error  $45^\circ$  No Dom ( $p=0.045$ ) and Relative Error  $45^\circ$  No Dom ( $p=0.045$ ) in the CG and Relative Error  $45^\circ$  No Dom for IG ( $p=0.018$ ). In the variable FES-I, there were significant improvements in the CG ( $p=0.006$ ) and in the IG ( $p=0.002$ ). However, only in the IG there were significant improvements ( $p = 0.013$ ) for ABC in a comparison between before and after the 12-week period of research.

**Conclusions:** The effectiveness of sensorimotor exercises provides the elderly with a gain in balance and positively impacts their confidence when performing their functions. It is concluded that the protocol presented in its different levels of difficulty is effective and important for the quality of life of the institutionalized sedentary elderly.

**Keywords:** Balance, Elderly, Sensorimotor Exercises, Risk of Fall, Quality of Life.

## **Agradecimentos**

Aos meus pais por sempre terem percebido em mim, uma pessoa dedicada e estudiosa, por acreditarem em meu potencial, mesmo quando eu não tinha ideia do quão forte era o poder de uma boa educação.

À minha família por tanta generosidade em respeitar meus momentos de estudo, terem encarado desafios relacionados à nova rotina e distanciamento físico.

Aos amigos que fiz dentro dos ambientes de pesquisas, aos quais levo para a vida.

Ao ex-responsável do Lar Mãe Pobre, Mário, que não mediu esforços para que a pandemia impactasse o mínimo possível este trabalho.

À minha “anja” Vania Lima que desempenhou um papel importantíssimo tanto no incentivo quanto suporte emocional não deixando que o cansaço e as dificuldades interferissem o trabalho coletivo.

A todos os idosos que, sem mais perguntas, tinham a certeza dos resultados benéficos desta pesquisa e hoje sabem a importância deste estudo na prática.

Aos professores do 2. Ciclo da Universidade Fernando Pessoa, em especial ao meu orientador Adérito Seixas que não mediu esforços e juntos, ultrapassamos as barreiras existentes entre dois continentes numa parceria fantástica. Almejo manter vínculo profissional por longas datas e em outros trabalhos.

Ao meu Bom Deus que sempre me mostrou os melhores caminhos, iluminou minhas melhores escolhas e acalmou meu coração em momentos difíceis.

## Índice Geral

|   |     |
|---|-----|
| Índice de imagens.....  | XI  |
| Índice de tabelas.....  | XII |
| Lista de abreviaturas.....  | XIV |
| I. INTRODUÇÃO .....   | 1   |
| II. DESENVOLVIMENTO .....   | 6   |
| 2.1. Revisão de Literatura sobre os Sistemas Sensoriais.....  | 6   |
| 2.1.1. Conceito e vias aferentes sobre o Sistema Visual .....   | 6   |
| 2.1.2. Definição, anatomia e reflexos do Sistema Vestibular .....   | 7   |
| 2.1.3. Definição, receptores e trajetos do Sistema Somatosensorial .....  | 9   |
| 2.2. Revisão de Literatura sobre a conexão entre os Sistemas Sensoriais em população idosa .....                                      | 11  |
| 2.3. Revisão de Literatura sobre o impacto do Controle Postural no Idoso .....  | 12  |
| 2.4. Variabilidade Sensorio-Motora na população idosa .....   | 15  |
| 2.4.1 Conceito de Variabilidade Sensorio-Motora .....   | 15  |
| 2.5. Revisão de Literatura sobre exercícios relacionados à diminuição do risco de quedas em idosos.....                               | 16  |
| 2.5.1. Diversidade dos exercícios adotados para diminuição do risco de quedas em idosos. ....   | 16  |
| 2.5.2. Instrumentos avaliativos utilizados pós-intervenção de exercícios relacionados à diminuição do risco de quedas em idosos ..... | 18  |
| III. OBJETIVOS, HIPÓTESES E VARIÁVEIS .....   | 21  |
| 3.1. Objetivo Geral .....   | 21  |
| 3.2. Objetivos Específicos .....  | 21  |
| 3.3. Hipóteses .....  | 21  |
| 3.4. Variáveis.....   | 22  |
| IV. METODOLOGIA .....   | 23  |

|   |         |
|---|---------|
| 4.1. Delineamento do estudo .....   | 23      |
| 4.2. Critérios de Inclusão e Exclusão .....                               | 24      |
| 4.3. Descrição e Caracterização da amostra .....                          | 24      |
| 4.4. Procedimentos Éticos .....   | 25      |
| 4.5. Instrumentos para coleta de dados .....                              | 25      |
| 4.6. Procedimentos Metodológicos .....                                    | 26      |
| 4.7. Análise de Dados.....  | 35      |
| V. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS .....                                      | 36      |
| 5.1. Características gerais dos participantes.....                        | 36      |
| 5.2. Comparação de grupos e efeito da intervenção na força muscular ..... | 37      |
| 5.3. Comparação de grupos e efeito da intervenção no TUG .....            | 39      |
| 5.4. Comparação de grupos e efeito da intervenção no SPPB .....           | 39      |
| 5.5. Comparação de grupos e efeito da intervenção no SPA .....            | 41      |
| 5.6. Comparação de grupos e efeito da intervenção no FES.....             | 44      |
| 5.7. Comparação de grupos e efeito da intervenção no ABC .....            | 45      |
| VI. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS .....  | 46      |
| 6.1. Senso de Posição Articular.....                                      | 46      |
| 6.2. Força Muscular.....  | 49      |
| 6.3. Risco de Quedas .....  | 51      |
| 6.4. Funcionalidade .....   | 52      |
| 6.5. Equilíbrio.....  | 54      |
| VII. CONCLUSÃO .....  | 588     |
| VIII. BIBLIOGRAFIA .....  | 60      |
| IX. ANEXOS .....  | LXXVIII |
| 1. Parecer do Comitê de Ética.....  | LXXVII  |
| 2. Termo de Consentimento Livre e Esclarecido .....                       | LXXVIII |
| 3. Cartas de Anuências.....   | LXXX    |

|  |         |
|--|---------|
| 4. Termo de Compromisso e Confidencialidade .....            | LXXXII  |
| 5. Termo de Compromisso de Financiamento e Orçamentação..... | LXXXIII |

## **Índice de Imagens**

|  |    |
|--|----|
| Imagem 1: Esquema de protocolo estipulado para Grupo Controle e Grupo Intervenção..... | 31 |
| Imagem 2: Distribuição de idade dos participantes nos dois grupos em estudo.....       | 37 |

## Índice de Tabelas

|  |    |
|--|----|
| Tabela 1: Caracterização geral da amostra e dos grupos em estudo. Dados das variáveis nominais apresentados em n (%) e das variáveis contínuas apresentados como média±desvio padrão. .... | 36 |
| Tabela 2: Comparação de grupos entre si, antes e depois da intervenção para força muscular (mmHg) [media ± dp].....  | 37 |
| Tabela 3: Comparação entre o antes e depois da intervenção em ambos os grupos para força muscular (mmHg) [media ± dp].....   | 38 |
| Tabela 4: Comparação das diferenças verificadas com a intervenção entre os dois grupos para força muscular (mmHg) [media ± dp].....  | 38 |
| Tabela 5: Comparação de grupos entre si, antes e depois da intervenção para TUG (s) [mediana(AIQ)].....  | 39 |
| Tabela 6: Comparação entre o antes e depois da intervenção em ambos os grupos para TUG (s) [mediana(AIQ)].....   | 39 |
| Tabela 7: Comparação das diferenças verificadas com a intervenção entre os dois grupos para TUG (s) [mediana(AIQ)].....  | 39 |
| Tabela 8: Comparação de grupos entre si, antes e depois da intervenção para SPPB [mediana(AIQ)].....   | 40 |
| Tabela 9: Comparação entre o antes e depois da intervenção em ambos os grupos para SPPB [mediana(AIQ)].....  | 40 |
| Tabela 10: Comparação das diferenças verificadas com a intervenção entre os dois grupos para SPPB [mediana(AIQ)].....  | 40 |
| Tabela 11: Comparação de grupos entre si, antes e depois da intervenção para SPA [mediana(AIQ)].....   | 42 |

|  |    |
|--|----|
| Tabela 12: Comparação entre o antes e depois da intervenção em ambos os grupos para SPA [mediana(AIQ)].....          | 43 |
| Tabela 13: Comparação das diferenças verificadas com a intervenção entre os dois grupos para SPA [mediana(AIQ)]..... | 44 |
| Tabela 14: Comparação de grupos entre si, antes e depois da intervenção para FES [mediana(AIQ)].....                 | 44 |
| Tabela 15: Comparação entre o antes e depois da intervenção em ambos os grupos para FES [mediana(AIQ)].....          | 44 |
| Tabela 16: Comparação das diferenças verificadas com a intervenção entre os dois grupos para FES [mediana(AIQ)]..... | 45 |
| Tabela 17: Comparação de grupos entre si, antes e depois da intervenção para ABC [mediana(AIQ)].....                 | 45 |
| Tabela 18: Comparação entre o antes e depois da intervenção em ambos os grupos para ABC [mediana(AIQ)].....          | 45 |
| Tabela 19: Comparação das diferenças verificadas com a intervenção entre os dois grupos para ABC [mediana(AIQ)]..... | 45 |

## **Lista de Abreviaturas**

ABC – Activities-Specific Balance Confident

AIQ – Amplitude Interquartil

BBS – Berg Balance Score

CG – Grupo Controle

CI – Grupo Intervenção

CM – Centro de Massa

CoP – Centro de Pressão

DC – Dança Criativa

DIF - Diferença

DOM – Dominante

DP- Desvio Padrão

FES-I – Falls Efficacy Scale International

HPT – Treino Proprioceptivo de Alta Frequencia

ML – Movimento Médio-Lateral

N – Número de Amostragem

NÃO DOM – Não dominante

PA- Potencial de Ação

PPA – Physiological Profile Assessment

RCT – Estudos randomizados

RM – Repetição Máxima

RVE – Reflexo Vestibulo-Espinal

RVO - Reflexo Vestibulo-Ocular

SI- Índice de Estabilidade

SPA – Senso de Posição Articular

SPPB- Short Physical Performance Battery

TPPD – Treino Proprioceptivo Propriamente Dito

TUG – Timed Up and Go

VNC – Complexo do Núcleo Vestibular

## I. INTRODUÇÃO

Ao envelhecer, o ser humano enfrenta as diversas transformações fisiológicas que estão associadas ao processo de envelhecimento através do impacto provocado direta e indiretamente em seus hábitos diários, mediante as limitações físicas e o dinamismo socio-comportamental encarado por ele. O envelhecimento tem sido descrito como um processo, ou conjunto de processos, inerente a todos os seres vivos e que se expressa pela perda da capacidade de adaptação e pela diminuição da funcionalidade (Spiriduso, 2005).

Tinetti (2003) demonstrou que aproximadamente 30% dos indivíduos com mais de 65 anos, apresentam, pelo menos, frequência de queda uma vez ano e em 50% deles, recorrência do episódio, sendo a queda, a principal causa de danos físicos provocados em adultos já na fase idosa, acima de 65 anos. Metade dos casos, ou seja, 50%, ocorrem devido a tropeços ocorridos durante a marcha proveniente de obstáculos que surgem durante a deambulação (Berg et al., 1997; Rubenstein e Josephson, 2002).

Já por sua vez, condições relacionadas aos sistemas fisiológicos e o envelhecimento (desordens do sistema nervoso, comprometimento visual, auditivo e cognitivo, acometimento do sistema músculo-esquelético, por exemplo) e o uso da polimedicação são considerados fatores intrínsecos que predispõe a riscos de quedas, características, estas, individualizadas em cada idoso (Wang e Wollin, 2004; Marin et al., 2007).

Em estudo realizado por Sousa et al. (2017) foram citados mais duas novas categorias associadas ao risco de quedas, sendo elas: condição psicológica e socioeconômica do idoso. Considerando idade, sexo, renda, escolaridade, número de filhos, satisfação com relacionamento, ocupação e tipo de domicílio, dentre outras, Kim et al. (2020) aborda como tais condições também têm envolvimento com os fatores de risco, sendo mais alto em mulheres, não casadas, desempregadas, insatisfeitas com relacionamento e com menor escolaridade.

Toda a influência do meio externo e a sua associação com o aumento ou diminuição do agravamento dos riscos de quedas (objetos e móveis colocados em lugares arriscados, utensílios que provoquem instabilidade, iluminação ou acessibilidade indevida) estão associadas aos fatores extrínsecos (Lovallo et al., 2010; Chianca et al., 2013).

Fatores intrínsecos e extrínsecos começam a ser determinantes neste processo, em que a busca pela qualidade de vida e a diminuição dos riscos de quedas que tendem a afetar a sobrevivência da população idosa passam a ser condições importantíssimas para o alcance da longevidade saudável.

Durante este processo de envelhecimento fisiológico, o decréscimo da massa muscular não desempenha único papel na diminuição da capacidade funcional do idoso, visto que essa redução do desempenho é multifatorial. Esse declínio da força muscular pode também estar relacionado a fatores neurogênicos, hormônios anabólicos, síntese de proteínas, expressão gênica, morfologia muscular e regeneração muscular, como aborda Roth et al. (2000). Nesta população, a sarcopenia é considerado um dos principais determinantes do risco de queda e bastante abordado em intervenções fisioterapêuticas por não haver fármacos aprovados, atualmente, para tratamento de tal condição instalada que surge associado ao envelhecimento (Dhillon e Hasni, 2017).

Pacientes que apresentam tais recorrências de quedas com instalação de quadro depressivo (Turcu et al., 2004), frequentemente apresentam mudanças comportamentais e de qualidade de vida devido à diminuição de suas atividades físicas, levando-os a um isolamento social com agravamento da sua dependência funcional. A este ciclo, Leite (1996) e Nóbrega et al. (1999), referem-se como Ciclo Vicioso do Envelhecimento o processo em que o idoso apresenta-se cada vez mais debilitado com a sua fragilidade músculo-esquelética e deficiência dos mecanismos fisiológicos a partir do momento em que reduz as suas atividades.

Ao referir-se à prevenção de quedas, o sistema sensoriomotor é um dos principais sistemas relacionados à temática que, em associação com o sistema vestibular e visual, complementam-se para atuar na estabilidade dinâmica, estabilidade estática, equilíbrio e capacidade reacional, todas preponderantes para diminuição do risco de quedas em idosos (Gauchard et al., 2003).

Logo, detectar obstáculos, enviar informação ao sistema nervoso, processá-las e escolher a melhor resposta motora, é uma habilidade que o idoso precisa desenvolver constantemente (Gauchard et al., 2003). A propriocepção, vinculada ao sistema sensorio-motor, está intimamente ligada ao sistema vestibular e o visual, em que nesta tríade, eles funcionalmente complementam-se para atuar no equilíbrio e estabilidade dinâmica, fundamental no idoso

(Klein, 1991). Acreditando que o sistema visual é um dos mais comumente afetados com o envelhecimento (Riva, 2019), estudiosos afirmam que a devida importância dada à propriocepção pode ser compensatória para estes mecanismos mais acometidos, mas ainda há incertezas qual melhor tipo de exercício executado para diminuir o risco de queda (Gschwind et al., 2015; Kim, 2014).

O presente estudo surgiu através da observação clínica realizada pela pesquisadora em atendimentos fisioterapêuticos, ao verificar que a abordagem sensório-motora em idosos que estão em atendimentos individualizados não é normalmente utilizada. Considerando apenas a fraqueza muscular e a sarcopenia como fatores mais preponderantes para aumento dos índices de comorbidades associadas às quedas, muitos idosos recebem como orientação profissional, apenas, sugestão de fortalecimento muscular (Dhillon e Hasni, 2017).

A efetividade do treinamento sensoriomotor tem sido principalmente analisada em pacientes com neuropatia periférica diabética (Ahmad et al., 2020; Ahmad et al., 2019) ou Parkinson (e.g. Calabrò et al., 2019; Fil-Balkan et al., 2018), mas a efetividade desta intervenção em pessoas idosas não tem sido muito explorada na literatura.

Nesse sentido, o objetivo deste trabalho é avaliar a efetividade de um programa de exercícios sensoriomotores na acuidade proprioceptiva, equilíbrio, força muscular, mobilidade funcional e risco de quedas pessoas idosas institucionalizados.

## **Estrutura do trabalho**

Tendo como base a problemática definida, este trabalho encontra-se dividido em nove capítulos.

## **Capítulo I – INTRODUÇÃO**

A falta de aplicabilidade prática dos exercícios sensoriomotores e estudos elaborados sobre protocolos para a população idosa desencadeou o interesse por este perfil de pesquisa. Neste capítulo enquadra-se o contexto teórico geral, assim como os objetivos e a estrutura do trabalho.

## **Capítulo II – DESENVOLVIMENTO**

No desenvolvimento é apresentada uma revisão da literatura, descrevendo o conhecimento sobre o tema desde conceitos clássicos e primordiais até conteúdos mais recentes sobre a conectividade entre os sistemas. A revisão divide-se em três temas: 1) definições e anatomias sobre os sistemas; 2) exercícios relacionados à diminuição do risco de quedas; e 3) instrumentos avaliativos relacionados a eles.

## **Capítulo III – OBJETIVOS, HIPÓTESES E VARIÁVEIS**

Neste capítulo delineamos os objetivos gerais e específicos, as hipóteses sugeridas e as variáveis do presente estudo.

## **Capítulo IV – METODOLOGIA**

Neste capítulo é apresentado o delineamento do estudo com os seus critérios (inclusivos e exclusivos), caracterização da amostra, além dos procedimentos éticos, estatísticos e instrumentos metodológicos.

## **Capítulo V – APRESENTAÇÃO DE RESULTADOS**

Neste capítulo são apresentados os resultados obtidos através da coleta de dados, sendo apresentados através de gráficos e tabelas para melhor análise entre os dois grupos controle e intervenção.

## **Capítulo VI – DISCUSSÃO DE RESULTADOS**

Neste capítulo são verificados e interpretados os resultados obtidos, retomando-os às hipóteses referidas em concordância ou não da literatura científica, através de discussões metodológicas geradas dentro de um contexto que fundamente e justifique as descobertas.

## **Capítulo VII – CONCLUSÕES**

Neste capítulo são apresentadas as conclusões consolidadas após a apresentação de resultados e de sua discussão gerada.

## **Capítulo VIII – BIBLIOGRAFIA**

É apresentada a bibliografia utilizada como referência para suportar as questões associadas aos conceitos teóricos, estudos publicados e autores que serviram de base para a elaboração deste estudo, desde as hipóteses até a discussão dos resultados obtidos.

## **Capítulo IX - ANEXOS**

São apresentados os Termos de Consentimento Livre e Esclarecido, Compromisso e Confidencialidade, Financiamento e Orçamentação, além do Parecer de Ética e as Cartas de Anuência.

## II. DESENVOLVIMENTO

### 2.1. Revisão de Literatura sobre os Sistemas Sensoriais

#### 2.1.1. Conceito e vias aferentes sobre o Sistema Visual

O sistema visual é considerado um dos mais complexos sistemas sensoriais relacionados ao controle postural devido à sua complexidade e mecanismos envolvidos (McCollum et al., 1996; Manson e Kandel, 1991). As vias visuais têm como função receber, reenviar e processar as informações visuais. Inicialmente, o olho capta a luz ao qual percorre todo o meio ocular até chegar na retina em que a imagem se projeta invertida (Fishman, 1973). Todas as estruturas durante este percurso atuam para que a luz possa ser captada com a maior eficiência possível. Enquanto o estroma e o epitélio da córnea são transparentes (Maurice, 1970) para permitir uma melhor passagem da luz, a pupila atua como reguladora da quantidade de luz.

Ao chegar na retina, o estímulo luminoso depara-se com os fotorreceptores. Nos seres humanos Prasad e Galetta (2010) afirmam existirem três tipos de cones, responsáveis por detectar específicos comprimentos de onda e um tipo de bastonete, mais eficaz para a visão noturna. As informações processadas irão depender da quantidade de luminosidade e variação do comprimento de onda para que os componentes eletroquímicos possam ser gerados.

O trato óptico é constituído através da junção das fibras temporais oriundas da retina do olho ipsilateral com as fibras nasais oriundas da retina do olho contralateral, promovendo o cruzamento das fibras no quiasma óptico, sendo considerado um ponto de decussação para os axônios do nervo óptico. Esse quiasma, localizado na maioria dos indivíduos acima da hipófise (Bergland et al., 1968; Doyle, 1990) une as informações destas células ganglionares para que a imagem formada por cada retina de cada olho, do mesmo campo visual, possa ser unificada. Após isto, o trajeto percorre estruturas anatômicas como: tratos, núcleo geniculado lateral e as radiações ópticas. As informações são transmitidas até chegarem no lobo occipital no córtex estriado para que haja o seu processamento (Prasad e Galetta, 2011).

Os fascículos oriundos das radiações parietais são direcionados para a porção mais superior do córtex estriado, enquanto os temporais chegam à porção mais inferior do córtex estriado,

segundo Prasad e Galetta (2011), além da participação dos córtices de associação para que o complexo processamento visual possa ser finalizado.

Além de permitir a capacidade de enxergar e reconhecer objetos que atuem na interação com o meio externo através da percepção visual, o sistema visual apresenta papel fundamental no controle postural devido à sua capacidade de fornecer informações sobre a oscilação postural através da formação de imagem na retina, como demonstraram estudos realizados por Paulus et al. (1984) e Paulus et al. (1989). Segundo eles, o cérebro compreende que a partir do momento em que a formação desta imagem é projetada, menos variação de oscilação corpórea existe com entendimento de maior controle postural. Em contrapartida, quanto menor a precisão da formação desta imagem na retina, maior o deslocamento corpóreo em ambiente físico.

Outro ponto interessante é o paradigma da “sala móvel” (Lishman e Lee, 1973). Tais autores, relataram em seus estudos que indivíduos em posição ortostática e parados realizaram mudanças corpóreas de acordo com as imagens formadas em suas retinas através da movimentação das paredes da sala dando a sensação de aproximação ou afastamento ilusório de seu próprio corpo, fazendo com que as mudanças corpóreas reais fossem realizadas para correção postural. Demonstrando uma correlação entre a oscilação corpórea e o fluxo óptico, segundo Prioli et al. (2005) e Junior e Barela (2004).

### 2.1.2. Definição, anatomia e reflexos do Sistema Vestibular

O Sistema Vestibular tem sua importância na diminuição de riscos de quedas em idosos a partir da funcionalidade de seus órgãos vestibulares, localizados no ouvido interno, em que conseguem detectar a aceleração linear e rotacional da cabeça e suas posições de acordo com o campo gravitacional terrestre, estando estritamente relacionado à sensação de movimento (Ertl e Boegle, 2019).

Estruturas vestibulares como os canais semicirculares e órgãos otólitos constituem o labirinto e são importantes captadores de informação sensorial. Os canais semicirculares, composto por três: horizontal, anterior e posterior, consistem em três ductos conectados preenchidos pela endolinfa (Fritsch e Straka, 2014), fluido este, bastante similar às propriedades da água. Segundo tais autores, este fluxo de fluido agita-se de acordo com o nosso movimento

rotacional e excitam células ciliadas (localizadas dentro de uma cúpula gelatinosa, de acordo com Khan e Chang, 2013) através do sistema de transdução mecano-elétrico (Rüsch and Thurm, 1990). É através deste processo que uma pressão sobre a cúpula em um sentido provoca despolarização e em sentido oposto, hiperpolarização (Khan e Chang 2013; Vidal et al., 2014).

Os sinais gerados são captados pelo complexo do núcleo vestibular (VNC) localizado no tronco cerebral através do VIII nervo craniano (nervo vestibulococlear), segundo Carleton e Carpenter (1984).

De acordo com Muller (2020) para a elaboração de tal informação rotacional, três coordenadas são levadas em consideração pelos canais semicirculares: 1) referencial terrestre considerado estacionário, sem deslocamento; 2) referencial do canal conectado à cabeça que gira em torno de uma origem e vetor rotacional e 3) deslocamento da endolinfa que circula por dentro do ducto.

Esta aceleração do fluido no referencial 3 em relação ao referencial 1 já foi descrita inicialmente por Valentinuzzi, (1967) há décadas através de fórmulas e conceitos matemáticos. Com o passar dos anos, estudiosos aprimoraram tanto os conceitos matemáticos para a dinâmica em questão, quanto os modelos que representavam a disposição de tais canais, partindo de um modelo de ducto único (Van Egmond et al., 1949) até o surgimento do primeiro conceito tridimensional entre os três canais (Muller e Verhagen, 1988) inspiração para o que é conhecido até hoje.

Os órgãos otólitos, constituídos pelo sáculo e utrículo, por sua vez, detectam a aceleração linear da informação sensorial. Enquanto os utrículos detectam a mudança em sentido horizontal, os sáculos detectam a aceleração vertical, incluindo a ação gravitacional (Khan e Chang, 2013; Vidal et al., 2014). Em ambos, estão contidos os cristais de carbonato de cálcio que para codificar a informação, ao haver a aceleração, eles causam uma deflexão das células ciliadas que são fixadas adjacentes ao tecido epitelial (Vidal et al., 2014) e partir daí, todo o processo segue semelhante aos canais semicirculares.

Ainda com relação aos movimentos da cabeça, o sistema vestibular tem conexão com o reflexo vestibulo-ocular (RVO) e reflexo vestibulo-espinhal (RVE). Enquanto o RVE atua no controle da estabilidade postural do corpo com ativação da musculatura compensatória às respostas enviadas via atividade sensorial, o RVO tem um papel fundamental para controle

ocular, mantendo a imagem estabilizada na retina, ocorrendo simultaneamente durante os movimentos rotacionais e lineares (Paddan e Griffin, 1988b) em sentido oposto à direção da cabeça. O processo de adaptação ou modificação, para este reflexo, acontece rapidamente, através do uso de lentes corretivas ou gradativamente, através das perdas das células ciliadas devido ao envelhecimento (Rinaudo et al., 2019) comprometendo a informação sensorial, a partir do momento em que ocorra uma instabilidade de imagem projetada.

Logo, um sistema vestibular em sua funcionalidade normal, fornecem informações sensoriais importantes sobre a direção e orientação da cabeça e do corpo em relação a si mesmo e em relação ao espaço em que fazem parte (Mast et al., 2014).

### 2.1.3. Definição, receptores e trajetos do Sistema Somatosensorial

Através de informações sensoriais táteis, proprioceptivas e até relacionadas à temperatura (segundo Pasluosta et al., 2017), o sistema somatossensorial contribui ativamente para que, associado ao sistema visual e vestibular, o indivíduo consiga realizar suas atividades funcionais numa maior eficiência do controle motor.

Por vezes, não se expõe a devida significância para a complexidade deste somatório de informações sensoriais até o instante em que, por perda de sincronismo entre os sistemas, percebe-se a grande conexão que existe entre eles e a dificuldade que se tem em isolá-los ou substituí-los em estudos científicos (Kappasov et al., 2015; Lucarotti et al., 2013).

Considerando os receptores sensoriais relacionados ao sistema analisado, temos: os mecanorreceptores que são representados pelos corpúsculos de Meissner (responsáveis pela detecção do estiramento e vibração da pele), Células de Merkel e Ruffini (sensíveis ao toque e pressão), Corpúsculo de Pacini (perceptíveis ao toque e vibração); a presença de terminações livres também importantes para a detecção de temperatura, dor, pressão, tato e os proprioceptores, sendo representados pelos fusos musculares e Órgãos Tendinosos de Golgi que detectam o comprimento e o estado de tensão muscular, respectivamente (Pasluosta et al., 2017). Todos eles atuando como codificadores de informações sobre as percepções de objetos e partes de nosso corpo.

As terminações dos fusos musculares podem ainda serem divididos em aferentes de fuso primário, ou fibras tipo Ia, e os aferentes de fuso secundário, ou fibras tipo II, que inervam os fusos musculares (Hulliger, 1984; Proske, 2012). Elas ramificam-se ao entrar no fuso e assumem a inervação de várias fibras musculares intrafusais. Em movimentos passivos, o comprimento e velocidade com que o músculo muda de “tamanho” vai influenciar na ativação da resposta destas fibras. Já em movimentos dinâmicos, as fibras primárias serão mais sensíveis à ativação do que as fibras do eixo secundário (Cheney e Preston, 1976). As fibras motoras gama também atuam na contração das fibras musculares, atuando, também, na aferência dos fusos musculares (Dimitriou, 2008).

Enquanto os aferentes relacionados ao Órgão Tendinoso de Golgi, sendo classificadas como unidades de adaptação lenta, são mais sensíveis à tensão dos tendões (como citados anteriormente) e classificadas como Ib (Jami, 1992; Moore, 1984), eles apresentam também alguma sensibilidade nos alongamentos musculares (Edin e Vallbo, 1990). Os aferentes de receptores articulares, são ativados de acordo com a pressão exercida sobre a articulação, assim como em movimentos articulares e na contração de músculos inseridos nela. Sendo eles: Corpúsculos de Ruffini, Corpúsculos de Pacini e os próprios Órgãos de Golgi localizados nos ligamentos (Zimny, 1988).

Além dos receptores proprioceptivos, os receptores táteis que juntos convertem as deformações mecânicas em informações neurais são inervados por fibras nervosas aferentes apresentando em sua maioria, fibras mielinizadas para maior agilidade e velocidade na condução devido às bainhas de mielina (fibras proprioceptivas do Grupo I, velocidade: 60-100m /s e fibras proprioceptivas Grupo II + fibras táteis A  $\beta$  , velocidade: 30-80m/s) com a exceção das fibras C táteis, segundo Delhaye et al. (2018).

Após todas estas informações serem capturadas, potenciais de ação (PA) são gerados (Debanne et al., 2011) através de rápidas despolarizações e repolarizações na membrana celular gerando um impulso nervoso que seguem pelas vias aferentes até chegarem no córtex cerebral responsável pelo processo de decodificação somatossensorial (Proske e Gandevia, 2012). Logo, a frequência, o tempo e a intensidade do estímulo são codificadas de acordo com o perfil de cada receptor para que os pontos de origem da informação possam ser perfeitamente interpretados (Mackevicius et al., 2012; Muniak et al., 2007; Poulos et al., 1984).

Após isto, uma resposta eferente provoca disparos a motoneurônios alfa e a suas respectivas fibras musculares, podendo haver tanto uma resposta medular reflexa ou uma resposta motora voluntária, quando submetida a áreas subcorticais ou corticais (Shaffer e Harrison, 2007).

## **2.2. Revisão de Literatura sobre a conexão entre os Sistemas Sensoriais em população idosa**

Zheng et al. (2013) afirma que com a idade, a habilidade de manutenção do equilíbrio estático e dinâmico estão estritamente ligadas ao sistema somatossensorial e tendem a diminuir tornando-se ainda mais difíceis de serem controladas, resultando em um risco aumentado de quedas, independente das patologias associadas, sendo elas musculoesqueléticas ou neurológicas.

Em 1999, Klein, apresentou um estudo sobre o acometimento do sistema visual no processo de envelhecimento ser o mais comumente afetado na população idosa. Estudos mais recentes realizados por Riva et al. (2019), Gschwind et al. (2015), Kim et al. (2014) e Zheng et al. (2013), apresentam a importância de tal sistema, onde a responsabilidade pela percepção do espaço físico, a distância entre corpos e objetos, além dos riscos dos fatores externos foram relevantes em suas pesquisas.

Kim et al. (2014) realizou a sua pesquisa para investigar a influência do sistema visual ao propor um programa de exercícios em que um grupo de participantes estavam com os olhos vendados e outro grupo não. Concluíram através de testes específicos que após 4 semanas de treinamento houve mudanças significativas após a intervenção no grupo realizada com os olhos fechados. Estes autores em concordância com Tossavainen (2003), afirmam que quando o sistema visual é bloqueado, o sistema proprioceptivo e o sistema vestibular atuam em concomitância para provocar uma resposta motora e controle postural mais eficaz.

Daí a importância do entendimento da conectividade existente entre estes três sistemas para que uma correta intervenção possa atuar no suporte que um sistema possa oferecer ao outro, em caso de carência fisiológica já esperada decorrente do processo de envelhecimento. No entanto, mesmo considerando toda esta importância, ainda há incertezas científicas de qual o

melhor tipo de exercício a ser executado para haver diminuição do risco de quedas na população idosa, segundo Gine-Garriga et al. (2014) e Gobbo et al. (2014).

Riva et al. (2019) ao propor uma intervenção focada no Treino Proprioceptivo de Alta Frequência (High-frequency Proprioceptive Training – HPT) teve como objetivo avaliar o aumento do controle proprioceptivo e a contribuição do sistema visual nesta ferramenta. Eles analisaram que o HPT melhorou significativamente a estabilidade postural única dos idosos em relação aos que realizaram atividades em esteiras ou não desempenharam nenhuma atividade física durante a pesquisa. Como resultado obteve que os valores alcançados foram considerados ( $p < 0,001$ ) para o controle postural e o controle proprioceptivo.

Pesquisadores como Bacsí e Colebatch (2005), Kristinsdottir et al. (2001) e Lord et al. (1991) afirmam que indivíduos apontam maior credibilidade na eficiência dos proprioceptores e receptores cutâneos para manutenção do controle postural e equilíbrio quando se pensa em realização de atividades funcionais relacionadas à vida diária.

### **2.3. Revisão de Literatura sobre o impacto do Controle Postural no Idoso**

O Controle Postural está relacionado à resposta motora provocada mediante à transmissão das informações sensoriais (Barela, 1997) fornecidas pelos sistemas: visual, vestibular e somatossensorial (Nashner et al., 1989; Collins e De Luca, 1993; Morasso, 1999; Redfern et al., 2001, Peterka, 2002). Toda esta conectividade faz com que o controle motor atue para um adequado reposicionamento dos segmentos corpóreos através do equilíbrio, dinamismo biomecânico e orientação postural (Carvalho e Almeida, 2008).

Este controle postural é bastante importante para a população idosa, pois é através desta interação fisiológica com o ambiente externo que os idosos têm condições seguras para realizar suas atividades de vida diária com diminuição de risco de quedas. Sendo considerado, por tanto, uma interação entre o sistema neural e as atividades músculo-esqueléticas em que os membros são organizados, alinhados e orientados no espaço (Bacsí e Colebatch, 2005).

Para que o controle postural aconteça, três sistemas estão conectados: o sistema visual, vestibular e somatossensorial para que esta ação seja realizada mais coordenada e controladamente possível (Bonfim e Barela, 2007). O sistema visual tendo como função básica orientar a posição e a movimentação da cabeça em relação ao ambiente para capturar as informações necessárias, Sasaki et al. (2002) afirma que este sistema pode provocar uma redução em até 50% da oscilação corporal.

Por vez, o sistema vestibular é sensível aos desvios de orientação da cabeça devido a informações fornecidas através dos canais semicirculares (movimentos rotacionais) e dos órgãos otolíticos (movimentos de inclinação) (Bear et al., 2008). Já o sistema somatossensorial, está relacionado aos receptores distribuídos pelo corpo, podendo ser agrupados em quatro grupos, segundo Mochizuki e Amadio (2006): toque, temperatura, dor e propriocepção. Apresenta-se, por tanto, a sua importância através das informações sensoriais necessárias para que todo este mecanismo de controle postural possa ocorrer através de informações fornecidas pelos fusos neuromusculares, Órgãos Tendinosos de Golgi, e demais receptores localizados nas profundidades dos tecidos, na ponta dos dedos e nas articulações (Guyton e Hall, 2002).

A capacidade de manter o equilíbrio postural está relacionado ao controle da força gravitacional, inércia e músculos que atuam para manter o corpo tanto quando ele está em repouso quanto em trabalho dinâmico, momento este em que há deslocamento do seu centro de gravidade (Gallahue e Ozmun, 2003). O Centro de Gravidade é a localização do ponto médio ponderado de toda a nossa massa corpórea, enquanto o Centro de Pressão (CoP) é o campo de pressão que o corpo exerce sobre uma superfície de apoio (Caron et al., 1997; Rougier et al., 2001) e é devido à variação da oscilação do CoP que o Centro de Massa desloca-se (Riley et al., 1997).

Com o intuito de obter dados avaliativos entre o idoso e a correlação existente entre o equilíbrio postural e o risco de quedas, alguns instrumentos e parâmetros costumam ser considerados. A posturografia, ferramenta utilizada para o estudo do equilíbrio postural através das plataformas de força obtém dados relacionados às oscilações em seus diferentes contextos clínicos, principalmente em idosos. (Grabiner et al., 1993; Jarnlo & Thorngren 1993). Uma delas é a utilização de medidas extraídas da análise do Centro de Pressão (CoP) em associação com suas medidas dinâmicas, como cita Tallon et al. (2013).

Autores como Gerdhem et al. (2005) afirmam que uma queda bem relatada é a grande fonte informativa para o estudo de outras quedas que estariam por vir; porém, existem alguns parâmetros que são importantes para serem descritos oriundos de estudos em plataformas de força (Baloh et al., 1994) e que auxiliam em estudos mais detalhados sobre a capacidade que os idosos terão de ter riscos maiores ou menores de quedas. São eles: indicadores de equilíbrio lateral como a velocidade do movimento médio-lateral (ML) do centro de pressão (CoP) em posição ortostática com ou sem a presença dos inputs visuais, indicadores de equilíbrio lateral como a amplitude do movimento ML do CoP, dentre outros. A velocidade média e a área elíptica são importantes para avaliar o efeito de aprendizagem sobre o controle postural ortostático, segundo Mello et al. (2010).

Benjuya et al. (2004) realizaram estudos comparando indivíduos idosos mais e menos propensos a quedas com a base alargada e estreita, além de estarem com olhos abertos e fechados. Concluíram que houve diferença significativa entre os idosos que caem e os que não caem em posição de base estreita. Com os olhos abertos, os idosos mais propensos a quedas, apresentaram um aumento de comprimento de CoP, assim como de velocidade da CoP e do movimento do CoP em direção médio-lateral. Já com olhos fechados, este mesmo grupo de idosos, também tiveram aumentos significativos relacionados ao CoP, em comprimento, velocidade, área elíptica e balanço.

Logo, a importância do controle postural para melhor conhecimento teórico sobre os fatores correlacionados a quedas em idosos são de grande relevância. Autores como Winter et al. (1998, 2001) defendem que o controle postural é passivo e independente das informações aferentes sensoriais. Estes autores afirmam que a biomecânica do tornozelo controla o deslocamento anteroposterior possuindo como suporte teórico o modelo do pêndulo-invertido ao afirmar que os sinais do centro de massa (CM) e CoP estão em fase com uma forte correlação entre a aceleração do CM e a diferença compreendida entre o centro de pressão e o centro de massa. Já outros, defendem o controle em que ajustes posturais compensatórios são antecipados por sinais sensoriais de feedback (Alexandrov, 2005; Park, 2004) processados pelo Sistema Nervoso Central através da ativação dos músculos dos membros inferiores e do tronco.

## **2.4. Variabilidade Sensorio-Motora na população idosa**

### 2.4.1 Conceito de Variabilidade Sensorio-Motora

Os inputs sensoriais captados pelos receptores sensoriais, o processamento da informação direcionada ao planejamento motor e a capacidade de resposta motora, sofrem interferências e perturbações que dificultam o processamento para que a melhor resposta motora seja executada (Bays e Wolpert, 2007). Ou seja, a imprecisão e a grande quantidade de estímulos captados pelos receptores tornam este sinal “barulhento” levando às incertezas da real informação oferecida. Além do que a resposta motora também sofre interferências durante o seu trajeto até a ação motora. Dá-se a este processo o nome de Variabilidade Sensorio-Motora. Sendo, por tanto, o somatório da variabilidade sensorial, variabilidade motora e os mecanismos fisiológicos que interligam estes dois (Faisal e Wolpert, 2009).

Nas informações sensoriais combinadas para detectar a posição de um objeto ou membro inferior, por exemplo, o Sistema Nervoso Central, solicita informações combinadas do sistema visual (estimativa angular calculada no plano horizontal entre o meridiano do lugar em que o observador se encontra e o plano vertical que contém o ponto a ser observado) e sistema proprioceptivo (estimativa de profundidade), segundo van Beers et al. (1996, 1999, 2002) para otimizar a integração da informação.

Com relação às respostas motores, Harris e Wolpert (1998) afirmam que as ações motoras são direcionadas aos objetivos em reduzir a variabilidade motora, através de movimentos mais específicos e direcionados. Pois, quando o indivíduo tem um objetivo motor a ser realizado, existem inúmeras possibilidades de alcance, sejam através de movimentos estereotipados ou perfis de velocidade para que a ação seja executada com sucesso e sem riscos (Fitts, 1954). Com o passar dos anos e a instalação do processo de envelhecimento, esta habilidade fisiológica tende a ficar mais debilitada com possíveis comprometimentos à vida diária do idoso.

Lin & Faisal (2018) acreditam que cabe delinear estudos apresentando a conexão entre o envelhecimento, a variabilidade sensorial e a alteração da dinâmica da marcha com o maior risco de quedas devido à limitação da precisão com a qual os idosos interagem com o meio externo. Concluíram, ainda, que com o avançar da idade, a variabilidade proprioceptiva

aumentou significativamente em 56% no grupo intervenção mais velho e que afetou negativamente a variabilidade sensório-motora e consequentemente a capacidade que um idoso teria de ultrapassar um obstáculo sem maiores riscos. Estando em comum acordo com Horak (2006) e Shaffer e Harrison (2007) que afirmam que a propriocepção prejudicada, devido ao envelhecimento, também afeta o controle postural e o equilíbrio.

## **2.5. Revisão de Literatura sobre exercícios relacionados à diminuição do risco de quedas em idosos**

### 2.5.1. Diversidade dos exercícios adotados para diminuição do risco de quedas em idosos.

Ao referir-se a exercícios relacionados a uma sobrevida mais saudável aos idosos, a literatura apresenta uma grande variabilidade de estudos com os mais diversos perfis e práticas relacionados à diminuição do risco de quedas. A atividade dirigida sob mediação científica apresentara diversas respostas, sendo algumas delas influenciadas por técnicas especializadas ou pelo auxílio da tecnologia e informática.

Alguns estudos optaram pelas seguintes abordagens relacionadas a esta temática: Treino Proprioceptivo de Alta Frequência (Riva et al., 2019), utilização da Tecnologia com Exergames (Gschwind et al., 2015; Schoene et al., 2013; Sadeghi et al., 2017; Treml et al., 2013), associação desta intervenção tecnológica associada à Plataforma Balance Board (Treml et al., 2013), Tratamento Quiroprático, (Holt et al., 2016), Método Tai Chi (Katrancha et al., 2015; Liu et al., 2012), Protocolo Proprioceptivo associado a Exercícios Cognitivos (Zheng et al., 2013) ou realizados sem associação a outro sistema, Treino Proprioceptivo Propriamente Dito (TPPD) (Nascimento et al., 2012), Bandagem Infrapatelar (Carvalho et al., 2015), Kinesio Taping (Cabreira et al., 2014) e o bloqueio visual como fator investigativo em um programa de exercícios com olhos vendados ou não (Kim et al., 2014).

Estudos também pesquisaram a importância de estímulos externos para melhor adesão ao tratamento (Light et al., 2016) realizadas por ligação telefônica, além da interrupção da continuidade de uma intervenção para observar as perdas de resultados adquiridos (Vogler et al., 2012).

O Treino Proprioceptivo de Alta Frequência (HPT) apresentou resultados significativos quando comparados a exercícios convencionais de propriocepção (Riva et al., 2019).

Cabreira et al. (2014) aplicou em sua pesquisa a técnica Kinesio Taping (fita adesiva micropore 3M) para observar a melhora da propriocepção, equilíbrio e coordenação dos idosos, concluindo que não houve modificações aplicáveis com relação ao Grupo Controle em avaliação após 48 horas de aplicação desta ferramenta avaliativa. Já Carvalho et al. (2015) ao utilizar a bandagem infrapatelar como intervenção em grupo controle para investigar o efeito adicional da informação sensorial no controle postural e desempenho físico em idosos com histórico de quedas, obteve diferença significativas na comparação do teste Timed Up and Go (TUG) entre os grupos estudados, mas sem diferença significativa quando foi aplicado o instrumento avaliativo SPPB (Short Physical Performance Battery).

Nascimento et al. (2012) ao aplicar o Treino Proprioceptivo Propriamente Dito (TPPD), a fim de intervir com uma simples estratégia terapêutica para detectar os seus efeitos na propriocepção, equilíbrio e demais fatores que acometem o risco de quedas em idosos, pode-se observar melhoras consideradas no score da escala de Berg, diminuição de oscilações que representem riscos de queda em Romberg, diminuição do tempo para percorrer determinada distância e, conseqüentemente, melhora no equilíbrio estático e dinâmico.

Ao acrescentar exercícios cognitivos aos exercícios proprioceptivos para avaliar se esta significância provocaria diminuição do risco de quedas em idosos, Zheng et al. (2013) concluiu que os resultados no BBS score (Berg Balance Score), equilíbrio estático e senso de posição articular foram significativamente superiores no grupo de intervenção.

Com o avanço da tecnologia e visando inseri-la no processo de reabilitação, surgiu o interesse científico em investigar como os jogos virtuais ao proporcionarem a execução de movimentos físicos reais (Exergames) poderiam ter influência na propriocepção e nos fatores que diminuem os fatores de risco de quedas na população idosa (Gschwind et al., 2015; Schoene et al., 2013; Sadeghi et al., 2017; Treml et al., 2013). A interatividade, o feedback audiovisual e a adesão ao exercício, também foram algumas das questões adicionais relacionadas ao uso dos exergames como intervenção benéfica ao grupo estudado, além da sensação de bem-estar provocada, como relatam Treml et al. (2013) e Sadeghi et al. (2017) em seus estudos.

Porém, o fato do idoso depender de conhecimentos tecnológicos e habilidades em resolver problemáticas de navegação ou no sistema provocaram alguns contratemplos e quando eles

surgiam, provocaram dificuldades e a necessidade de um suporte técnico. Gschwind et al. (2015), relatou oferecer amplo apoio aos participantes, nos dois grupos de intervenção: 91 participantes para o ensaio clínico randomizado e controlado (SMCT) do SMT (Step-Mat-Training) e 57 participantes para o KIN RCT (Kinect). Tal situação, porém, acarretou uma diminuição de adesão por dificuldade de manuseio. A sugestão dos autores foi o desenvolvimento ou a reformulação de exergames mais adaptados à população idosa.

Considerando que muitos idosos também apresentam fatores neuropsicológicos envolvidos em seu processo de envelhecimento, Daniel Schoene et al. (2013) e Gschwind et al. (2015) abordam que a ludicidade da atividade ao ser realizada em domicílio possam gerar mais conforto na rotina diária e satisfação pessoal ao executá-los. Liu et al. (2012) também afirma em seu estudo que a escolha de uma atividade diferenciada (Tai Chi) expressa, nos idosos, mais interesse e satisfação do que quando optado uma intervenção convencional.

Estudos que realizaram atividades ligadas aos jogos (exergames), citados anteriormente, e à técnica Tai Chi (Katrancha et al., 2015 e Liu et al., 2012) relataram maior expressão de satisfação com o tratamento por envolver prazer e interesse pessoal, além do benefício com o baixo custo e sugestão da melhora do centro de equilíbrio.

Com relação ao tratamento quiroprático, Holt et al. (2016) o objetivo foi avaliar a função sensorio-motora associada ao risco de quedas em idosos. Constatou que houve melhora do senso de posição articular do tornozelo ( $p=0,049$ ) e componente físico de qualidade de vida SF-36 ( $p=0,04$ ).

### 2.5.2. Instrumentos avaliativos utilizados pós-intervenção de exercícios relacionados à diminuição do risco de quedas em idosos

Diante da correlação existente entre os sistemas sensoriais e a dificuldade em dissociá-los, estudos apresentam uma grande diversidade avaliativa ao obter valores que mensurem os riscos que podem comprometer a funcionalidade e qualidade de vida do idoso.

Com relação à mensuração proprioceptiva avaliada isoladamente e representando, na prática, o sistema somatossensorial devido a estreita relação entre os receptores sensoriais, Riva et al. (2019) optou por uma análise direcionada ao Índice de Estabilidade (SI).

Neste Índice o score varia de 0-100% em que a autonomia e instabilidade postural média são levadas em consideração, podendo captar desempenhos considerados altos (SI acima de 90%) em que o idoso apresente grande autonomia diante de um cone de instabilidade, até baixo desempenho (SI abaixo de 30%), segundo o autor. Estudo realizado por Riva et al. (2013) afirma que tais valores elevados quando testados em participantes de olhos fechados, demonstram reflexos proprioceptivos mais eficazes antes mesmo da ativação de respostas vestibulares. Em contrapartida, quando o score SI for considerado abaixo do esperado, o sistema proprioceptivo solicita o suporte vestibular devido à provável deficiência de agilidade, considerando que os olhos vendados bloqueados, não acionam o sistema visual.

Holt et al. (2016); Liu et al. (2012) e Zheng et al. (2013) ao optarem pela análise do Senso de Posição Articular julgam que os participantes devem colocar a articulação em mesma posição previamente estabelecida pelos pesquisadores, sem o auxílio áudio-visual dos avaliadores, considerando a capacidade de identificar onde o próprio segmento corpóreo esteja localizado no espaço.

Kim et al. (2014) ao escolher o Teste Proprioceptivo, conduziu os participantes, de olhos vendados, a posicionarem os pés o mais próximo possível de um alinhamento desejado em folha de papel metrada em intervalos de 0,1cm. Após treino prévio, duas tentativas foram produzidas com fornecimento de uma média aritmética. Já Sadeghi et al. (2017), ao utilizar o dinamômetro isocinético Biodex, buscou por dados precisos através da tecnologia da plataforma abordada para medir o senso de posição articular do joelho antes e após o protocolo de exercícios.

Ao considerar o sistema sensorial relacionado à funcionalidade do idoso, Gschwind et al. (2015) cita o teste Timed Up and Go (TUG) como ferramenta metodológica em que seguindo protocolo (Podsiadlo, 1991) o participante levanta-se de uma cadeira com altura de 46cm, aproximadamente, deambula 3 metros e retorna ao assento. Valor este registrado e cronometrado em segundos (s).

A Escala de Berg (BBS) (escala para mensurar o equilíbrio) associada ao FES-I (escala para avaliar o nível de preocupação do idoso em cair ao ser questionado por 16 atividades de vida diária) também foram utilizadas por Treml et al. (2013) e Katrancha et al. (2015) como avaliações integrantes à funcionalidade.

Os autores Gschwind et al. (2015); Schoene et al. (2013) e Vogler et al. (2012) realizaram a mensuração sensorial através do Physiological Profile Assessment (PPA) em que mensuração visual, proprioceptiva, força muscular e balanço postural são levados em consideração em cinco testes sensoriomotores, sendo eles: (I) the Melbourne Edge Test; (II) avaliação proprioceptiva em membros inferiores; (III) mensuração da força muscular do quadríceps; (IV) utilização de uma luz como estímulo para mensuração do tempo de reação da pressão dos dedos e (V) registro do deslocamento do corpo no nível da pelve com os participantes em pé sobre um tapete de espuma de borracha com os olhos abertos (Lord et al., 1994).

Short Physical Performance Battery (SPPB) também foi utilizada por Carvalho et al. (2015) em que através de três etapas embasadas no equilíbrio, desempenho físico e força muscular de membros inferiores, registros foram utilizados para análise sensoriomotora.

### **III. OBJETIVOS, HIPÓTESES E VARIÁVEIS**

#### **3.1. Objetivo Geral**

1. Avaliar os benefícios de um programa de exercícios sensoriomotores em idosos institucionalizados.

#### **3.2. Objetivos Específicos**

1. Avaliar a efetividade do treino sensoriomotor para o senso de posição articular.
2. Avaliar a efetividade do treino sensoriomotor para o equilíbrio em idosos institucionalizados.
3. Avaliar a efetividade do treino sensoriomotor para a força muscular em idosos institucionalizados.
4. Avaliar a efetividade do treino sensoriomotor para a mobilidade funcional em idosos institucionalizados.
5. Avaliar a efetividade do treino sensoriomotor para risco de quedas em idosos institucionalizados.

#### **3.3. Hipóteses**

Hipótese 1: Exercícios Sensoriomotores promovem maior independência funcional em idosos sedentários quando comparados a treino de fortalecimento muscular.

Hipótese 2: Exercícios Sensoriomotores promovem maior ganho de força muscular no grupo intervenção quando comparados ao grupo controle.

Hipótese 3: O desequilíbrio está mais associado ao sistema sensorial do que ao ganho de força muscular.

Hipótese 4: O treino sensoriomotor reduz o risco de quedas.

Hipótese 5: O treino sensoriomotor é efetivo na melhoria do senso de reposicionamento articular para 45°.

### **3.4. Variáveis**

Esta pesquisa aborda as seguintes variáveis: senso de posição articular em duas angulações (45° e 20° de flexão) para membro dominante e não-dominante, força muscular para membro dominante e não dominante, TUG, ABC, FES, SPPB com as seguintes variáveis relacionadas à bateria de testes SPPB: equilíbrio, velocidade de marcha, tempo de velocidade da marcha (s), sentar-levantar.

## **IV. METODOLOGIA**

### **4.1. Delineamento do estudo**

Estudo randomizado controlado cego (analítico, longitudinal e prospectivo). Foram convidados a participar desta pesquisa, indivíduos idosos, sexo feminino ou masculino, que tiveram interesse em participar através de convite realizado pela pesquisadora em ambiente institucionalizado.

O estudo e a coleta de dados foram realizados no Brasil, na cidade do Rio de Janeiro em duas instituições filantrópicas, sem fins lucrativos: Instituição Maria de Nazareth Casa da Mãe Pobre, localizada na rua Apolônia Pinto, n. 97, Tanque, disponibilizando 33 idosos (homens e mulheres) e a Instituição Lar Mãe Ritinha, localizada na rua Caobi, n. 107, Irajá, apresentando 36 idosas mulheres.

A Instituição Maria de Nazareth Casa da Mãe Pobre, disponibilizou 33 idosos, ao qual apenas 3 destes apresentavam restrições ao leito ou são cadeirantes, segundo informação transmitida pelo Coordenador Responsável. O local não oferecia suporte para receber idosos com necessidades especiais relacionadas à distúrbios neurológicos ou mentais. Logo, todos os residentes apresentavam uma condição neurológica e mental condizente com a normalidade da faixa etária que estava compreendida entre 70 e 94 anos, a partir de avaliação médica realizada durante o período do estudo realizado. Considerando ser um local filantrópico, por sua vez, nenhum idoso tinha a assistência fisioterapêutica integrante à sua rotina. Fator este determinante, pois todos os envolvidos receberam os atendimentos dos protocolos sem a interferência de resultados provenientes de algum serviço fisioterapêutico paralelo. Todo este cenário assemelhou-se ao segundo local escolhido para a pesquisa. A Instituição Lar Mãe Ritinha, apresentando 36 idosas com mesmo perfil, ao qual apenas duas idosas desenvolveram quadro demencial já residindo no local e outras duas eram restritas ao leito. Segundo informações transmitidas pelo setor administrativo. Como critério de ingresso para a instituição, a administração também informou que a boa condição neurológica e mental era um pré-requisito levado em consideração. O local também não possuía assistência fisioterapêutica como serviço prestado às residentes. A faixa etária do local estava compreendida entre 74 até 100 anos, no primeiro contato realizado entre o centro administrativo e a pesquisadora.

Em uma visão geral, a condição de saúde de todos os idosos eram monitoradas pela equipe de enfermagem e médica existente em cada local, ao qual medicações e avaliações clínicas eram realizadas rotineiramente. Além do exposto, a escolha dos locais foi realizada minuciosamente para que a pesquisa também pudesse inserir este serviço especializado aos mais necessitados, sem assistência fisioterapêutica, mesmo que por um período pré-determinado.

#### **4.2. Critérios de Inclusão e Exclusão**

Como Critérios de Inclusão, idosos institucionalizados a partir de 70 anos de idade que estivessem em acompanhamento médico regular, indicação médica para fisioterapia motora, autonomia física ao sair do leito e que não estivessem realizando atividade física regularmente. Além da capacidade para tomar decisões.

Como Critérios de Exclusão, idosos com independência física restrita ao leito, cadeirantes ou que não tivessem condição física de deambular e instabilidade hemodinâmica, cardiopatia severa ou hipertensão arterial sistêmica não controlada constatadas pelo médico.

Por tanto, após triagem dos critérios inclusivos e exclusivos, iniciaram a pesquisa 56 participantes, inicialmente distribuídos aleatoriamente em dois grupos: controle e intervenção. No decorrer das semanas houve 11 desistências, finalizando, por tanto, 21 participantes no grupo intervenção e 24 participantes no grupo controle, em um total de 45 idosos.

#### **4.3. Descrição e Caracterização da amostra**

Participaram do estudo, inicialmente, um total de 56 participantes compreendidos entre 16 homens e 40 mulheres, distribuídos aleatoriamente entre os grupos controle (GC, n=28) e grupo intervenção (GI, n=28).

Ao passar das primeiras semanas, houve 11 desistências, 4 idosos e 7 idosas abandonaram a pesquisa, faixa etária compreendida entre 74 e 98 anos. Os motivos das desistências foram por falta de interesse, aversão à fisioterapia ou dificuldade de adaptação a uma nova rotina

mais agitada, apesar do respeito aos horários individuais de descanso, alimentação e medicação.

Ao término das doze semanas de intervenção fisioterapêutica, o grupo controle apresentou n=24 (18 mulheres e 6 homens) e n=21 permaneceram no grupo intervenção (15 mulheres e 6 homens), numa faixa etária compreendida entre 70 e 100 anos.

A análise de dados foi realizada através do número da amostragem final (n=45) para todas as variáveis apresentadas.

#### **4.4. Procedimentos Éticos**

O estudo foi submetido para aprovação à Plataforma Brasil – Plataforma Nacional de Comitê de Ética em Pesquisa e Seres Humanos, segundo registro CAAE: 27657220.9.0000.8066 passando por todas as etapas solicitadas, assim como envio de relatórios parciais e final para análise de resultados.

Todos os participantes foram informados dos objetivos e procedimentos envolvidos e tiveram de declarar a sua aceitação em participar no estudo, podendo desistir a qualquer momento sem qualquer prejuízo pessoal, de acordo com a declaração de Helsínquia (Anexo I). Foi assegurado aos participantes o anonimato e a confidencialidade sobre os dados recolhidos e garantido que os mesmos não seriam usados para outros fins que não nesta investigação, e para tal, a cada participante foi atribuído um código numérico, não o identificando em nenhum dos instrumentos utilizados, e o formulário de consentimento informado foi separado dos restantes documentos.

#### **4.5. Instrumentos para coleta de dados**

Foram utilizados os seguintes instrumentos para a coleta de dados:

-Short Physical Performance Battery (SPPB), desenvolvido por Guralnik et al. (1994a) e validado no Brasil por Nakano (2007) para a população idosa, foi utilizado para avaliação da capacidade funcional através de uma bateria de testes direcionados ao equilíbrio, velocidade da marcha e força dos membros inferiores.

-Ao avaliar a mobilidade funcional dos participantes, o Teste Timed Up and Go (TUG) foi selecionado pois, segundo revisão sistemática e meta-análise realizada por Barry et al. (2014), idosos com valor de TUG acima de 13,5 segundos, apresentam maior risco de queda.

- Falls Efficacy Scale - International (FES-I), traduzido para o idioma português do Brasil e adaptado culturalmente para a população idosa brasileira (Camargos et al., 2010) foi utilizada para mensurar o medo de cair dos participantes por ter apresentado semântica, linguística e valores psicométricos adequados à questão abordada.

- Activities-specific Balance Confidante (ABC) Scale foi utilizada para avaliar o grau de confiança que o idoso possui ao realizar uma específica atividade sem perder o equilíbrio ou tornar-se instável. Traduzida e adaptada culturalmente por Marques et al. (2013) apresenta boa confiabilidade intra e inter-examinadores.

- Para avaliação do senso de posição articular (SPA) do joelho foi utilizado um sistema de videocâmera, para analisar o movimento e angulação articulares recorrendo a marcadores para o cálculo dos ângulos articulares e de reposicionamento (Salgado, Ribeiro e Oliveira, 2015).

- Um esfigmomanômetro (fabricante P.A. MED, registro na ANVISA: 80540449001, cor preta, tamanho adulto, dimensões da braçadeira - comprimento 520mm e largura 140 mm) adaptado, foi utilizado para mensuração da força muscular dos membros inferiores.

#### **4.6. Procedimentos Metodológicos**

A determinação de qual o membro inferior dominante foi de acordo com Porac e Coren (1981), questionando aos participantes sobre que membro inferior utilizam na realização de algumas tarefas como por exemplo qual o pé que utiliza para chutar uma bola.

A avaliação do SPA do joelho foi feita em momentos diferentes: antes da intervenção, após a intervenção. A avaliação do SPA do joelho foi realizada na posição de sentado, em cadeia cinética aberta, de olhos vendados, num ambiente silencioso e com o joelho fletido a 90° (posição inicial). Passivamente e de forma lenta, a investigadora moveu a perna do participante para extensão para uma das amplitudes de teste: 20° e 45° de flexão do joelho, definidas por um goniómetro (Baker et al., 2002; Dieling, Van der Esch e Janssen, 2014). De

seguida, o participante manteve a posição de teste, de forma ativa (contração isométrica do quadríceps), durante 5 segundos, e após este período foi instruído a voltar à posição inicial e, imediatamente após, a reposicionar o joelho na amplitude alvo, utilizando-se assim como método de reposicionamento, o reposicionamento ativo (Baker et al., 2002; Ribeiro e Oliveira, 2007; Salgado, Ribeiro e Oliveira, 2015). O reposicionamento foi repetido duas vezes totalizando três tentativas e todo o procedimento foi repetido para a segunda amplitude de teste. Em todos os participantes, a avaliação do SPA do joelho foi realizada tanto no membro dominante como no não-dominante e para as amplitudes de teste referidas anteriormente, em ordem aleatória, sendo que a chave de randomização foi desenvolvida na plataforma online (<https://www.randomizer.org/>).

Quanto aos marcadores para a análise do movimento por vídeo, foram colocados quatro marcadores com insumo específico para aplicação na pele, hipoalergênico e de fácil remoção nos seguintes locais: grande trocânter; no trato iliotibial, nivelado com o vinco posterior do joelho quando este esteve fletido a 80°; na cabeça do perônio; e no maléolo lateral (Bennell et al. 2005). Para filmar o movimento articular e posteriormente, calcular os ângulos articulares, foi, então, utilizada a câmera de vídeo montada num tripé (marca TRIPOD 3110, 3-way panhead, built in level, 4 section aluminum legs, quick leverlock, rubber legtip) a uma distância compreendida entre 2 e 3 metros do participante, de forma que permitisse o enquadramento completo da imagem dos membros inferiores e da bacia na filmagem para avaliação em aplicativo Kinovea versão 0.8.15. Já para análise dos erros: absoluto, relativo e variável foi utilizado o programa Microsoft Excel para Microsoft 365 MSO (Versão 2208 Build 16.0.15601.20148) 64 bits.

Com relação à aplicabilidade do SPPB, primeiramente, a pesquisadora precisou estar bem treinada ao realizá-lo para diminuir as probabilidades de erro de execução (Penninx et al., 1998). Após isto, os testes foram demonstrados pela examinadora para que o participante pudesse compreender, através da observação, como realizar cada movimento com cuidado e fluidez. O ambiente pôde oferecer segurança, adequada iluminação e o apoio da examinadora em caso de alguma intercorrência; como por exemplo, quedas (Guralnik et al., 1994 a). Ao avaliar o teste de equilíbrio, o participante teve que permanecer por 10 segundos em cada uma das seguintes posições: side-by-side, semi-tandem stand e tandem stand e a pontuação foi compreendida entre 0 e 4 pontos: 0 ponto se o participante não conseguisse manter-se em equilíbrio; 1 ponto caso ele conseguisse ficar, apenas, na primeira posição; 2 pontos se o

idoso não conseguisse atingir a terceira posição por mais de 3 segundos; 3 pontos caso ele atingisse a terceira posição em intervalo de tempo entre 3 e 9 segundos e pontuação máxima, se o participante conseguisse executar todo o teste nos 10 segundos indicados para cada posição (Guralnik et al.,2000; McDermont et al., 2002).

Para o teste de velocidade de marcha, foi utilizado uma distância de 4 metros, observado e registrado o tempo em que o participante executou o teste: score 0: teste não finalizado; score 1: tempo maior que 8,7segundos; score 2: tempo entre 6,21 a 8,70 segundos; score 3: tempo entre 4,82 a 6,20 segundos e score 4, tempo menor que 4,82 segundos para finalização do teste (Guralnik et al., 2000).

O último teste a ser realizado através da ferramenta SPPB foi o teste de levantar-se da cadeira em que foi avaliado, indiretamente, a força muscular dos membros inferiores do participante, pelo fato dele não poder utilizar o apoio das mãos como suporte durante as cinco repetições de levantar-se e sentar-se da cadeira. Foi também registrado o tempo em que o participante demorou a executar o teste. Como pontuação a ser registrada, score zero, foi registrado quando o idoso não conseguiu completar o teste; score um para um tempo total maior que 16,7 segundos; escore dois, para tempo registrado entre 13,7 a 16,6 segundos; escore três, para tempo entre 11,2 a 13,6 segundos e o escore máximo, quatro pontos quando este tempo fosse menor que 11,1 segundo (Guralnik et al., 2000).

A soma total dos três testes compreendeu o score final da SPPB compreendida entre 0 (pior desempenho) e 12 pontos (melhor desempenho), segundo Guralnik et al. (1995), Ferrucci et al. (2000 a) e Penninx et al. (2000).

O material utilizado para execução destes testes foi uma cadeira sem apoio, um cronômetro, uma fita métrica e fita crepe para marcação inicial e final do percurso de 4 metros em solo. O espaço físico dos lugares que foram realizados a pesquisa tinha sido visitado e ofereceu o espaço necessário para a execução do protocolo.

A execução do teste TUG foi realizada seguindo o autor Podsiadlo (1991), em que uma cadeira com altura do assento de aproximadamente 46 cm foi colocada próximo ao paciente, ao levantar-se sozinho, ele percorreu uma distância de 3 metros em velocidade confortável e segura, deu uma volta e retornou ao assento. Antes disso, a examinadora demonstrou a execução do teste e o participante fez a primeira vez experimentalmente. O espaço físico dos lugares que foram realizados a pesquisa foi avaliado e esteve de acordo com as metragens

apresentadas no protocolo a ser realizado. O uso do calçado foi o que estava acostumado a utilizar sem causar risco de queda ou alteração de velocidade proveniente de medo ou insegurança. O valor cronometrado do percurso realizado foi registrado.

Antes da realização da escala FES-I, a examinadora esclarecer ao participante sobre a simplicidade e praticidade da ferramenta. Foi informado que seriam dezesseis afirmativas relacionadas ao dia-a-dia do idoso e ele deveria pensar na sua preocupação em cair ao realizar tal atividade. A escala foi aplicada sob forma de entrevista, para isto, o ambiente foi silencioso e tranquilo para que não houvesse interferência negativa na ausculta ou obtenção das respostas, sendo escolhido uma sala reservada para tal execução. Os scores foram obtidos de acordo com a sua resposta, variando entre: score 1 “nem um pouco preocupado”, score 2 “um pouco preocupado”, score 3 “muito preocupado” e score 4 “extremamente preocupado”. Para as atividades que o participante não executasse, foi sugerido pensar na possibilidade em realizá-la para obter a resposta relacionada à respectiva preocupação, como sugestão registrada na própria escala traduzida e adaptada para a população idosa brasileira, segundo Camargos et al. (2010).

Complementando a coleta de dados, a examinadora aplicou a ABC Scale em um ambiente silencioso e iluminado para que o participante pudesse concentrar-se nas afirmativas e fornecer a resposta mais coerente com sua realidade diária indicando o seu grau de confiança ao realizar a atividade citada. A escala foi aplicada sob forma de entrevista, sendo função da pesquisadora registrar as respostas fornecidas pelo participante. Foram apresentadas 16 ações e o participante teve que escolher um percentual compreendido entre 0 (sem confiança) e 100 (confiança total). Segundo Myers et al. (1998), score acima de 80% indicaria um alto nível de funcionalidade física devido ao alto grau de confiabilidade ao realizar a atividade apresentada; entre 50-80% representaria um moderado nível de funcionalidade física e valor menor que 50%, baixo nível de funcionalidade física.

Por fim, para mensuração da força muscular dos membros inferiores, foi utilizado um esfigmomanômetro adaptado com a realização do Teste de Execução Mecânica (Make Test) em que o aparelho foi posicionado entre o grupo muscular examinado e uma superfície fixa (Bohannon, 1988) onde o participante teve que realizar sua força máxima no segmento selecionado. A adaptação foi realizada na bolsa do esfigmomanômetro de acordo com 41,7% dos estudos citados em revisão bibliográfica realizada por Castro e Souza (2013) em que a parte inflável foi removida, dobrada em três partes iguais e envolvida por um saco de tecido

de algodão. O equipamento foi previamente insuflado a 20mmHg (Perossa et al., 1998). Antes das medições, todos os participantes treinaram o procedimento para familiarização.

Ao avaliar os grupos musculares quadríceps e isquiotibiais, o participante estava sentado, com suas articulações de joelho e quadril flexionadas a 90 graus, com estabilidade manual do examinador apenas em joelho proximal. O esfigmomanômetro adaptado foi posicionado em segmento distal do membro inferior para mensuração (Bohannon, 1986; 1995). Em face anterior foi mensurado a musculatura do quadríceps e em posicionamento posterior, os isquiotibiais.

O participante foi posicionado em decúbito lateral para mensuração da musculatura abduzora. O membro superior em contato com a superfície ficou sob a sua cabeça e o membro superior contralateral em posição confortável (Perossa et al., 1998) e o idoso foi orientado a levantar sua perna. Já para a musculatura adutora, o participante em decúbito dorsal, enquanto o membro inferior contralateral estivesse elevado, a musculatura adutora do membro inferior a ser avaliado tentou cruzar a linha média.

O participante foi encorajado através de estímulos verbais a realizar este movimento por três vezes com duração de 5 segundos em cada tentativa e descanso de 30 segundos entre elas (Brown e Weir, 2001). Tendo sido realizada a média aritmética entre os valores obtidos.

A padronização do roteiro para a aplicação dos instrumentos seguiu a seguinte ordem: primeiramente foram realizadas as escalas FES-I e ABC Scale, seguidos da mensuração da força muscular dos membros inferiores com o esfigmomanômetro adaptado, avaliação do senso de posição articular com o artifício do sistema videocamera e finalizando com os testes SPPB e TUG.

O tempo estimado para a utilização de todos os instrumentos descritos com o participante foi 60 min, independente do grupo em que o participante esteve, tendo visto a similaridade dos métodos avaliativos tanto para grupo controle quanto para grupo intervenção. A primeira avaliação foi realizada antes do início do protocolo de atividade de fortalecimento muscular e exercícios sensoriomotores nos dois grupos.

O Procedimento da pesquisa foi realizado de acordo com o esquema abaixo:



**Imagem 1:** Esquema de protocolo estipulado para Grupo Controle e Grupo Intervenção.

O grupo controle, através de processo randomizado via plataforma online (<https://www.randomizer.org/>), teve 24 participantes. Este grupo realizou, primeiramente, aquecimento correspondente a uma caminhada de 6 minutos (Zheng et al., 2013) em local sem obstáculos, irregularidades no piso ou uso não adequado de calçados (opção por calçado fechado de uso habitual do participante). Após isto, o protocolo foi focado no fortalecimento muscular em que foram realizados os seguintes exercícios: 1) paciente em decúbito dorsal no leito com apoio em região tóraco-cervical na superfície, realizaram a abdução e adução do membro inferior, estando o seu membro inferior contralateral em repouso na posição de semiflexão do joelho com apoio unipodal ao leito. O exercício foi realizado em ambos os membros; 2) em posição sentada, o paciente realizou a flexão e extensão do membro inferior, através de uma contração concêntrica e excêntrica, estando com o seu membro inferior contralateral em repouso. Os dois segmentos distais realizaram o movimento em cadeia cinética aberta; 3) em posição de pé, o participante realizou o fortalecimento muscular da musculatura da panturrilha, retirando simultaneamente os dois calcanhares da superfície com região do antepé em contato com o solo bilateralmente e apoio dos membros superiores em uma superfície fixa e segura; 4) em posição ortostática, com mesmo apoio dos membros superiores em uma superfície fixa e segura, o paciente realizou a flexão do joelho unilateral,

provocando o deslocamento do segmento distal do membro inferior posteriormente aproximando o calcâneo à musculatura glútea. O exercício será realizado nos dois membros inferiores de modo alternado.

Todos os exercícios citados foram executados em 3 sets com 10 repetições em cada série e o tempo de descanso entre as séries foram de 2 minutos (Gschwind et., 2013). Após a execução dos exercícios, houve um período de relaxamento muscular, segundo Zheng et al. (2013) com alongamento da musculatura de ambos os membros inferiores: adutora, abdução, flexora e extensora do joelho. O tempo total estimado para a execução do protocolo de fortalecimento muscular foi 60 minutos. A carga inicial estimada, no participante idoso, foi 40%RM com evolução gradativa até a carga final estimada em 80%RM (Rebello-Marques et al., 2018), sendo utilizado as caneleiras com valores múltiplos de 0,5 kg para esta graduação durante o período de 12 semanas na intervenção. Para a obtenção e modulação do %RM foi utilizado o Holten Diagram em que através de cálculos matemáticos foram descobertos os valores desejados em %RM (40%RM, por exemplo), ao observar a relação existente entre o número de repetições realizadas pelo participante e o percentual que esta carga representava.

O grupo intervenção, composto por 21 participantes, executou o mesmo protocolo de fortalecimento muscular (aquecimento e exercícios específicos atuantes na força muscular) acrescido dos exercícios sensoriomotores. Sendo eles:

- 1) “Estrela Adesiva”: foi desenhado em um tapete-passadeira soft antiderrapante Kapazi, cor vermelha, uma figura estrelar formada por até oito pontas com fita aderente, cada ponta medindo até 40cm. O participante obedeceu aos comandos da pesquisadora e direcionou o pé solicitado à ponta requisitada, estando ele em posição ortostática no centro da figura. As progressões para esta atividade foram: i) estrela de quatro pontas de tamanhos iguais (ponta anterior: 40cm, ponta posterior: 40cm, ponta à direita: 40cm e ponta à esquerda: 40cm); ii) estrela de quatro pontas de tamanhos diferentes (ponta anterior: 40cm, ponta posterior: 30 cm, ponta à direita: 40cm e ponta à esquerda: 30cm); iii) estrela de oito pontas de tamanhos iguais (ponta anterior: 40cm, ponta posterior: 40cm, ponta à direita: 40cm, ponta à esquerda: 40cm, ponta diagonal ântero-à direita: 40cm, ponta diagonal póster-à direita: 40cm, ponta diagonal ântero-à esquerda: 40cm, ponta diagonal póster-à esquerda: 40cm); iv) estrela de oito pontas de tamanhos diferentes (ponta anterior: 40cm, ponta posterior: 30cm, ponta à direita: 40cm, ponta à esquerda: 30cm, ponta diagonal ântero-à direita: 40cm, ponta diagonal póster-à direita:

30cm, ponta diagonal ântero-à esquerda: 30cm, ponta diagonal póstero-à esquerda: 40cm). Cada ponta será nomeada por um número. A pesquisadora esteve ao lado do participante pois em caso de desequilíbrio ofereceria o suporte esperado.

- 2) “Caminho Colorido”: Foi utilizado o tapete-passadeira soft antiderrapante Kapazi na cor vermelha e fixado a ele com papel contact sete quadrados na cor cinza e sete quadrados na cor azul, medindo 15x15cm cada e dispostos à frente em formato “zigzag”. As progressões para esta atividade foram: i) o participante seguiu o caminho e voltou pisando em cima das marcações de mesma cor; ii) o participante seguiu o caminho de mesma cor e voltou pisando em cima das marcações da outra cor previamente orientada pela pesquisadora; iii) o participante seguiu e voltou o caminho alternando as cores; iv) o idoso seguiu e voltou o caminho pisando nas cores a serem solicitadas pela pesquisadoras no momento da caminhada. A pesquisadora esteve próxima ao participante durante todo o trajeto para sua segurança física.
- 3) “Step de Borracha”: O participante ficou em cima de um step colocado no tapete-passadeira soft antiderrapante Kapazi na presença de um acompanhante ao seu lado para oferecer suporte em caso de possível desequilíbrio. Segue as progressões para este exercício: i) a altura inicial do step foi de 5 cm e o participante jogou uma bola leve de diâmetro e circunferência, aproximadamente, 22cm e 68 cm, respectivamente, em direção à pesquisadora de acordo com o seu comando verbal; ii) o participante teve que subir e descer do step e após isto jogar a bola em direção à pesquisadora; iii) a nova altura do step foi de 10 cm e o participante teve que jogar a bola em direção à pesquisadora após solicitação verbal; iv) o idoso teve que subir e descer do step e após isto, jogar a bola para a pesquisadora após a sua solicitação para arremesso.
- 4) “Obstáculos no Caminho”: O participante realizou uma caminhada em cima do tapete-passadeira soft antiderrapante Kapazi e ao deparar-se com os obstáculos teve que realizar uma tríplice flexão em membro inferior (dorsiflexão, flexão de quadril e flexão de joelho) para ultrapassá-los até a finalização do percurso (3,6 metros). No sentido da ida foi trabalhado o membro inferior direito e no sentido da volta foi trabalhado o membro inferior esquerdo. A evolução para este exercício seguiu a seguinte ordem: i) três obstáculos com as seguintes dimensões, cada: 5 cm de altura, 8 cm de largura e 40 cm de comprimento dispostos aleatoriamente durante o caminho. O participante teve que considerar a altura e largura para modular a ultrapassagem; ii) três obstáculos com as

novas dimensões, cada: 10 cm de altura, 8 cm de largura e 40 cm de comprimento. Foi mantido o propósito da ultrapassagem; iii) presença de três cones (cores: azul, verde e branco) com altura de 20 cm, cada, dispostos aleatoriamente durante o trajeto; iv) mix de obstáculos: alternância entre os três cones coloridos, 2 obstáculos de 10 cm de altura e 2 obstáculos de 5 cm de altura.

O participante deste grupo intervenção, realizou as quatro modalidades dos exercícios sensoriomotores e a progressão foi de acordo com o seu nível de segurança e confiança ao executá-los. Tempo estimado para cada modalidade: 6 min. Tempo de repouso entre as modalidades: 2 min. Tempo para a execução dos exercícios sensoriomotores: 30 min. Tempo total da sessão fisioterapêutica no grupo intervenção: 90 min.

O estudo realizou os atendimentos durante 3x por semana, segundo Rugbeer et al. (2017) em 12 semanas de atendimento fisioterapêutico (Cadore et al., 2013).

Os protocolos descritos foram baseados em estudos realizados anteriormente e publicados por Cadore et al. (2013), Bierbaum et al. (2013) e Zheng et al. (2013).

Caso ocorresse algum acidente, lesão ou queda do participante durante a pesquisa, a equipe de enfermagem local seria acionada, assim como o médico responsável para intervir imediatamente, através de avaliação e atendimento local. Caso houvesse necessidade de deslocamento com o participante para unidade hospitalar, isto seria feito para a unidade já habitual da Instituição prestando, a pesquisadora, a merecida assistência e acompanhamento do caso. Se houvesse necessidade, deveria ser seguido o protocolo de emergência da própria Instituição. Considerando que a Instituição já apresentava suas medidas de ação e a pesquisadora estava fazendo parte de todo este sistema durante o período da pesquisa, a Instituição comprometeu-se a disponibilizar de infraestrutura necessária para a garantia da segurança e bem-estar de todos os envolvidos no estudo como consta na Carta de Anuência, devidamente lida e assinada. A família do participante seria informada imediatamente em caso de alguma intercorrência, através de notificação via telefônica.

#### 4.7. Análise de Dados

Para a análise estatística dos dados do estudo foi utilizado o *software* SPSS (versão 26 para Windows), e considerou-se um nível de significância de 5%. Após análise da distribuição das variáveis em estudo, recorrendo ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk, verificou-se que as variáveis idade e as variáveis relacionadas com a força dos participantes (força muscular do quadríceps, isquio-tibiais, adutores e abdutores da anca) seguiam uma distribuição normal. Nesse sentido, foi utilizado o teste *t* para amostras independentes para comparar os valores médios destas variáveis entre os grupos em estudo, e o teste *t* para amostras emparelhadas para verificar a existência de diferenças significativas entre os valores médios das variáveis antes e após a intervenção. Os pressupostos de normalidade e homogeneidade de variâncias foram verificados. As restantes variáveis foram analisadas recorrendo a testes não paramétricos, concretamente o teste Mann-Whitney para comparar as medianas das variáveis entre os grupos em estudo e o teste de Wilcoxon para verificar a existência de diferenças significativas entre as medianas das variáveis antes e após a intervenção.

A associação entre variáveis nominais foi avaliada recorrendo ao teste de Qui-Quadrado e sempre que necessário, ao teste exato de Fisher.

Considerando os valores de corte das escalas FES-I e ABC ( $FES-I \geq 31$ ;  $ABC < 67\%$ ), indicados na literatura por Camargos et al. 2010 e Memória et al. (2016), respectivamente, como assinalando o risco de queda em pessoas idosas, foram criados dois grupos tendo por base o risco de queda.

## V. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

### 5.1. Características gerais dos participantes

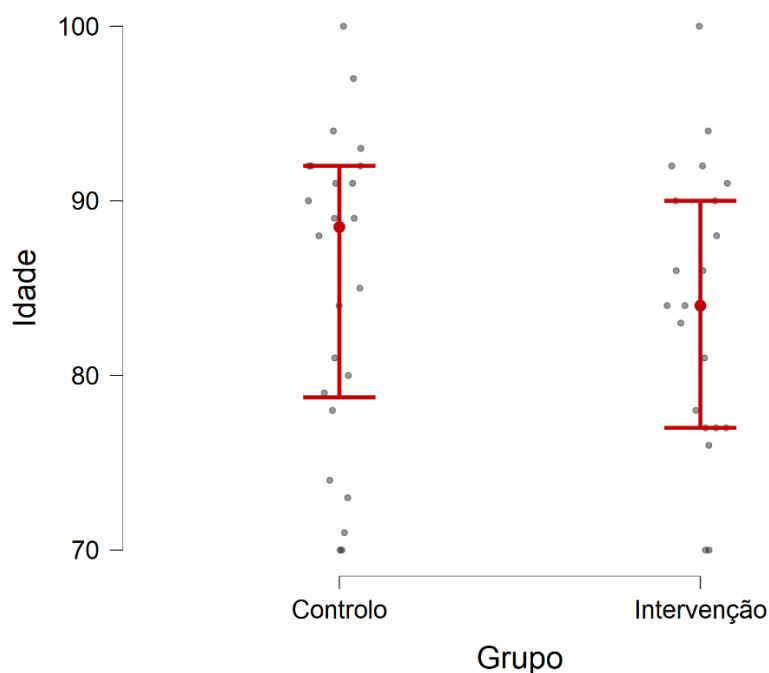
As tabelas 1 discriminam as características gerais dos participantes dos Grupos de Controle (GC) e Intervenção (GI) relativamente às variáveis sexo, lado dominante, condição sedentária levando em consideração a ausência de qualquer atividade física regular nas Instituições, o fato de estarem ou não em tratamento fisioterapêutico paralelo à Instituição, e a idade, em imagem 1, indicando uma normalidade na distribuição dos dados.

Observa-se que a maior parte dos participantes tanto para GC quanto GI são do sexo feminino (75% e 71,42%, respectivamente) e apresentaram o lado dominante como sendo o direito [21 participantes (87,5%) e 17 participantes (80,95%), respectivamente]. Todos foram considerados sedentários, haja visto não haver nenhuma atividade física nas Instituições e por todos serem internos não havia nenhum vínculo com ação profissional externa aos lares. Também não estiveram em intervenção fisioterapêutica para nenhuma condição associada desde o início da coleta de dados.

Sobre o risco de queda averiguado através das escalas FES e ABC, o GC e GI apresentaram valores de 58,3% para os dois grupos no FES-I  $\geq$  31 e, GC 58,3% e GI 61,9% para ABC < 67%.

**Tabela 2:** Caracterização geral da amostra e dos grupos em estudo. Dados das variáveis nominais apresentados em n (%) e das variáveis contínuas apresentados como média  $\pm$  desvio padrão.

|                                     | Amostra Total (n=45)<br>(n%) | GC (n=24)<br>n (%) | GI (n=21)<br>n (%) | P     |
|-------------------------------------|------------------------------|--------------------|--------------------|-------|
| Sexo Masculino                      | 12 (26.6)                    | 6 (25)             | 6 (28.57)          | 0.073 |
| Sexo Feminino                       | 33 (73.3)                    | 18 (75)            | 15 (71.42)         |       |
| Lado Dominante Direito              | 38 (84.4)                    | 21 (87.5)          | 17(80.95)          | 0.689 |
| Lado Dominante Esquerdo             | 7 (15.5)                     | 3 (12.5)           | 4 (19.04)          |       |
| Sedentário                          | 45 (100)                     | 24 (100)           | 21 (100)           |       |
| Realiza fisioterapia na Instituição | 0 (0)                        | 0 (0)              | 0                  |       |
| Em risco de queda (FES-I $\geq$ 31) | 26 (57.8)                    | 14 (58.3)          | 12 (57.1)          | 0.936 |
| Em risco de queda (ABC < 67%)       | 27 (60)                      | 14 (58.3)          | 13 (61.9)          | 0.807 |
| Idade                               | 84.6 $\pm$ 8.4               | 85.13 (8.94)       | 84.10 $\pm$ 7.99   | 0.688 |



**Imagem 2:** Distribuição da idade dos participantes nos dois grupos em estudo.

## 5.2. Comparação de grupos e efeito da intervenção na força muscular

Na tabela 2, ao comparar-se o GC e GI entre si para o momento antes e após as 12 semanas de intervenção, observa-se que diante os grupos musculares avaliados (Quadrícipites, Abdutores, Adutores e Isquiotibiais) em lado dominante e não dominante, apenas o músculo Quadrícipite dominante apresentou diferença significativa após as 12 semanas de intervenção entre os dois grupos.

**Tabela 2:** Comparação de grupos entre si, antes e depois da intervenção para força muscular (mmHg) [media ± dp].

|                 | Grupos       |              |       |              |              |       |
|-----------------|--------------|--------------|-------|--------------|--------------|-------|
|                 | Antes        |              |       | Depois       |              |       |
|                 | GC           | GI           | p     | GC           | GI           | p     |
| <b>QuadDom</b>  | 164,98±60,29 | 186,4±51,04  | 0,209 | 206,82±49,69 | 235,3±44,2   | 0,05* |
| <b>QuadnDom</b> | 159,57±68,68 | 178,46±44,2  | 0,286 | 199,36±64,24 | 228,52±43,02 | 0,085 |
| <b>ITDom</b>    | 126,2±40,93  | 143±39,61    | 0,171 | 156,65±47,1  | 168,94±35,2  | 0,333 |
| <b>ITnDom</b>   | 119,23±49,88 | 136,96±32,09 | 0,17  | 148,63±51,85 | 168,63±38,95 | 0,156 |
| <b>AduDom</b>   | 87,04±16,47  | 90,06±13,61  | 0,51  | 112,55±21,61 | 113,33±16,89 | 0,895 |
| <b>AdunDom</b>  | 82,1±23,73   | 85,97±14,78  | 0,523 | 108,98±26,7  | 108,36±14,11 | 0,921 |
| <b>AbdDom</b>   | 103,17±22,5  | 100,58±18,19 | 0,676 | 136,54±37,03 | 137,31±23,67 | 0,933 |
| <b>AbdnDom</b>  | 98,17±34,18  | 99,09±19,38  | 0,914 | 125,33±34,27 | 132,07±22,42 | 0,434 |

(\*)  $p \leq 0,05$

A tabela 3, compara, por sua vez, o ganho da força muscular após os protocolos estipulados, entre o depois e antes da intervenção, tanto para o GC (fortalecimento muscular) quanto para

o GI (fortalecimento muscular + exercícios sensoriomotores), comprovando que para ambos, as diferenças foram significativas.

**Tabela 3:** Comparação entre o antes e depois da intervenção em ambos os grupos para força muscular (mmHg) [media ± dp].

|                 | Grupos       |              |         |              |              |         |
|-----------------|--------------|--------------|---------|--------------|--------------|---------|
|                 | GC           |              |         | GI           |              |         |
|                 | Antes        | Depois       | p       | Antes        | Depois       | p       |
| <b>QuadDom</b>  | 164,98±60,29 | 206,82±49,69 | <0,001* | 186,4±51,04  | 235,3±44,2   | <0,001* |
| <b>QuadnDom</b> | 159,57±68,68 | 199,36±64,24 | 0,002*  | 178,46±44,2  | 228,52±43,02 | <0,001* |
| <b>ITDom</b>    | 126,2±40,93  | 156,65±47,1  | <0,001* | 143±39,61    | 168,94±35,2  | <0,001* |
| <b>ITnDom</b>   | 119,23±49,88 | 148,63±51,85 | <0,001* | 136,96±32,09 | 168,63±38,95 | <0,001* |
| <b>AduDom</b>   | 87,04±16,47  | 112,55±21,61 | <0,001* | 90,06±13,61  | 113,33±16,89 | <0,001* |
| <b>AdunDom</b>  | 82,1±23,73   | 108,98±26,7  | <0,001* | 85,97±14,78  | 108,36±14,11 | <0,001* |
| <b>AbdDom</b>   | 103,17±22,5  | 136,54±37,03 | <0,001* | 100,58±18,19 | 137,31±23,67 | <0,001* |
| <b>AbdnDom</b>  | 98,17±34,18  | 125,33±34,27 | <0,001* | 99,09±19,38  | 132,07±22,42 | <0,001* |

(\*) p≤0,05

Por sua vez, ao comparar as diferenças dos resultados obtidos (resultado final - avaliação inicial) entre os GC e GI, apresentada na tabela 4, não houve diferença significativa para nenhum grupo muscular ou lado (dominante ou não-dominante) apresentando que apesar de haver ganho de força muscular, ao correlacionar com os grupos, não houve uma sobressalência de valores.

**Tabela 4:** Comparação das diferenças verificadas com a intervenção entre os dois grupos para força muscular (mmHg) [media ± dp].

|                    | Grupos      |             |       |
|--------------------|-------------|-------------|-------|
|                    | GC          | GI          | p     |
| <b>DifQuadDom</b>  | 41,83±49,37 | 48,89±41,68 | 0,61  |
| <b>DifQuadnDom</b> | 39,78±54,11 | 50,05±40,67 | 0,481 |
| <b>DifITDom</b>    | 30,44±26,19 | 25,94±28,09 | 0,581 |
| <b>DifITnDom</b>   | 29,39±27,33 | 31,66±24,89 | 0,773 |
| <b>DifAduDom</b>   | 25,51±16,18 | 23,27±14,00 | 0,624 |
| <b>DifAdunDom</b>  | 26,87±17,72 | 22,39±17,77 | 0,402 |
| <b>DifAbdDom</b>   | 33,36±29,15 | 36,72±23,29 | 0,674 |
| <b>DifAbdnDom</b>  | 27,15±25,91 | 32,98±24,94 | 0,448 |

### 5.3. Comparação de grupos e efeito da intervenção no TUG

Em variável TUG, a tabela 5 mostra que não houve diferença significativa entre os GC e GI ao analisar os momentos antes e depois as 12 semanas de intervenção. Em contrapartida, ao analisar, na tabela 6, o antes e depois para cada grupo de maneira isolada, ambos apresentaram diferença significativa (GC  $p=0,002$ ; GI  $p<0,001$ ). A tabela 7 apresenta a variável que simboliza a diferença dos dados entre o depois e o antes do TUG com valor não significativo entre os dois grupos.

**Tabela 5:** Comparação de grupos entre si, antes e depois da intervenção para TUG (s) [mediana(AIQ)].

|            | Grupos        |                |       |               |               |       |
|------------|---------------|----------------|-------|---------------|---------------|-------|
|            | Antes         |                |       | Depois        |               |       |
|            | GC            | GI             | p     | GC            | GI            | P     |
| <b>TUG</b> | 33,93 (33,47) | 32,40 (130,79) | 0,785 | 22,87 (60,80) | 22,96 (75,38) | 0,873 |

**Tabela 6:** Comparação entre o antes e depois da intervenção em ambos os grupos para TUG (s) [mediana(AIQ)].

|            | Grupos        |               |        |                |               |         |
|------------|---------------|---------------|--------|----------------|---------------|---------|
|            | GC            |               |        | GI             |               |         |
|            | Antes         | Depois        | p      | Antes          | Depois        | P       |
| <b>TUG</b> | 33,93 (33,47) | 22,87 (60,80) | 0,002* | 32,40 (130,79) | 22,96 (75,38) | <0,001* |

(\*)  $p \leq 0,05$

**Tabela 7:** Comparação das diferenças verificadas com a intervenção entre os dois grupos para TUG (s) [mediana(AIQ)].

|               | Grupos        |               |       |
|---------------|---------------|---------------|-------|
|               | GC            | GI            | P     |
| <b>DifTUG</b> | -1,66 (13,71) | -6,31 (80,91) | 0,439 |

### 5.4. Comparação de grupos e efeito da intervenção no SPPB

A variável SPPB foi analisada nos seguintes quesitos: equilíbrio, velocidade da marcha, tempo de velocidade da marcha (s) e sentar-levantar. A tabela 8 compara os grupos entre si para o antes e depois da intervenção com valor significativo ( $p=0,003$ ) apenas para o equilíbrio depois da intervenção.

**Tabela 8:** Comparação de grupos entre si, antes e depois da intervenção para SPPB [mediana(AIQ)].

| SPPB                                     | Grupos        |               |       |              |             |        |
|--|---------------|---------------|-------|--------------|-------------|--------|
|  | Antes         |               |       | Depois       |             |        |
|  | GC            | GI            | p     | GC           | GI          | p      |
| <b>Equilíbrio</b>                        | 1,00 (2,00)   | 1,00 (1,00)   | 0,436 | 1,00 (3,00)  | 3,00 (1,00) | 0,003* |
| <b>Velocidade da marcha</b>              | 1,00 (1,00)   | 1,00 (1,00)   | 0,557 | 1,00 (1,00)  | 1,00 (1,00) | 0,956  |
| <b>Tempo de velocidade da marcha (s)</b> | 14,11 (14,72) | 12,48 (16,33) | 0,937 | 10,22 (9,00) | 9,09 (8,14) | 0,682  |
| <b>Sentar-Levantar</b>                   | 0,00 (1,00)   | 0,00 (1,00)   | 0,925 | 0,00 (1,00)  | 1,00 (2,00) | 0,149  |

(\*)  $p \leq 0,05$ 

A tabela 9 apresenta a comparação entre o antes e depois para ambos os grupos, GC e GI, apresentando  $p \leq 0,05$  para equilíbrio ( $p < 0,001$ ), tempo de velocidade da marcha (s) ( $p = 0,004$ ) e sentar-levantar ( $p = 0,002$ ) aos participantes envolvidos no GI. Ao analisar a diferença de dados entre período após as 12 semanas de intervenção e período inicial entre os dois grupos, a significância pode ser comprovada nas variáveis DifEq ( $p < 0,001$ ) e DifSenLev ( $p = 0,022$ ).

**Tabela 9:** Comparação entre o antes e depois da intervenção em ambos os grupos para SPPB [mediana(AIQ)].

| SPPB                                     | Grupos        |              |       |               |             |         |
|--|---------------|--------------|-------|---------------|-------------|---------|
|  | GC            |              |       | GI            |             |         |
|  | Antes         | Depois       | p     | Antes         | Depois      | p       |
| <b>Equilíbrio</b>                        | 1,00 (2,00)   | 1,00 (3,00)  | 0,317 | 1,00 (1,00)   | 3,00 (1,00) | <0,001* |
| <b>Velocidade da marcha</b>              | 1,00 (1,00)   | 1,00 (1,00)  | 0,739 | 1,00 (1,00)   | 1,00 (1,00) | 0,129   |
| <b>Tempo de velocidade da marcha (s)</b> | 14,11 (14,72) | 10,22 (9,00) | 0,086 | 12,48 (16,33) | 9,09 (8,14) | 0,004*  |
| <b>Sentar-Levantar</b>                   | 0,00 (1,00)   | 0,00 (1,00)  | 0,206 | 0,00 (1,00)   | 1,00 (2,00) | 0,002*  |

(\*)  $p \leq 0,05$ **Tabela 10:** Comparação das diferenças verificadas com a intervenção entre os dois grupos para SPPB [mediana(AIQ)].

|                       | Grupos       |              |         |
|-----------------------|--------------|--------------|---------|
|                       | GC           | GI           | p       |
| <b>DifEq</b>          | 0,00 (0,75)  | 1,00 (1,50)  | <0,001* |
| <b>DifVelMar</b>      | 0,00 (0,00)  | 0,00 (0,00)  | 0,326   |
| <b>DifTVelMar (s)</b> | -1,39 (6,17) | -1,38 (7,75) | 0,375   |
| <b>DifSenLev</b>      | 0,00 (0,00)  | 1,00 (1,00)  | 0,022*  |

(\*)  $p \leq 0,05$

### **5.5. Comparação de grupos e efeito da intervenção no SPA**

Com relação à variável Senso de Posição Articular (SPA) pode ser observado, na tabela 11, que ao comparar os grupos entre si, nas circunstâncias antes e após as intervenções, apenas os erros variáveis 20° apresentaram diferença significativa com membro dominante para depois da intervenção ( $p=0,029$ ) e membro não dominante para antes da intervenção ( $p=0,007$ ). Ao comparar o antes e depois para os grupos em particular, já pode-se averiguar valores significativos para o Erro Absoluto 45° Não Dom ( $p=0,045$ ) e Erro Relativo 45° Não Dom ( $p=0,045$ ) em GC e Erro Relativo 45° Não Dom para GI ( $p=0,018$ ), como mostra a tabela 12. No instante em que foram analisadas as diferenças dos períodos entre os GC e GI, nenhuma variável apresentou valores significativos (ver tabela 13).

**Tabela 11:** Comparação de grupos entre si, antes e depois da intervenção para SPA [mediana(AIQ)].

|                                  | <b>Grupos</b>  |               |          |               |               |          |
|----------------------------------|----------------|---------------|----------|---------------|---------------|----------|
|                                  | <b>Antes</b>   |               |          | <b>Depois</b> |               |          |
|                                  | <b>GC</b>      | <b>GI</b>     | <b>p</b> | <b>GC</b>     | <b>GI</b>     | <b>p</b> |
| <b>Erro Absoluto 45° Dom</b>     | 7,55 (7,49)    | 7,37 (5,96)   | 0,474    | 5,92 (7,39)   | 4,56 (6,81)   | 0,082    |
| <b>Erro Absoluto 45° Não Dom</b> | 6,72 (12,12)   | 7,89 (9,47)   | 0,413    | 6,31 (7,63)   | 7,74 (6,34)   | 0,211    |
| <b>Erro Relativo 45° Dom</b>     | 6,92 (7,61)    | 7,37 (7,20)   | 0,625    | 5,76 (7,55)   | 4,56 (7,80)   | 0,265    |
| <b>Erro Relativo 45° Não Dom</b> | 6,72 (12,12)   | 7,89 (9,64)   | 0,539    | 5,20 (8,19)   | 6,67 (6,67)   | 0,495    |
| <b>Erro Variável 45° Dom</b>     | 2,34 (2,80)    | 1,79 (3,36)   | 0,891    | 3,31 (3,36)   | 1,33 (2,15)   | 0,062    |
| <b>Erro Variável 45° Não Dom</b> | 3,35 (3,84)    | 2,19 (0,76)   | 0,191    | 1,76 (3,52)   | 1,64 (2,73)   | 0,351    |
| <b>Erro Absoluto 20° Dom</b>     | 15,17 (13,02)  | 18,22 (14,37) | 0,811    | 13,98 (19,73) | 14,64 (8,80)  | 0,495    |
| <b>Erro Absoluto 20° Não Dom</b> | 15,36(14,62)   | 16,70(20,67)  | 0,467    | 12,61(12,85)  | 11,89(12,80)  | 0,802    |
| <b>Erro Relativo 20° Dom</b>     | -15,17 (13,02) | -18,22(14,37) | 0,811    | -13,98(19,73) | -14,63(8,80)  | 0,495    |
| <b>Erro Relativo 20° Não Dom</b> | -15,36(14,62)  | -16,70(20,67) | 0,413    | -11,89(12,80) | -11,89(12,80) | 0,767    |
| <b>Erro Variável 20° Dom</b>     | 3,74(5,31)     | 4,01(3,87)    | 0,82     | 5,03(5,40)    | 3,52(2,62)    | 0,029*   |
| <b>Erro Variável 20° Não Dom</b> | 5,31(4,68)     | 2,79(3,36)    | 0,007*   | 4,34(5,18)    | 3,89(2,77)    | 0,467    |

(\*)  $p \leq 0,05$

**Tabela 12:** Comparação entre o antes e depois da intervenção em ambos os grupos para SPA [mediana(AIQ)].

|                                  | <b>Grupos</b>  |               |          |               |               |          |
|----------------------------------|----------------|---------------|----------|---------------|---------------|----------|
|                                  | <b>GC</b>      |               |          | <b>GI</b>     |               |          |
|                                  | <b>Antes</b>   | <b>Depois</b> | <b>p</b> | <b>Antes</b>  | <b>Depois</b> | <b>p</b> |
| <b>Erro Absoluto 45° Dom</b>     | 7,55 (7,49)    | 5,92 (7,39)   | 0,658    | 7,37 (5,96)   | 4,56 (6,81)   | 0,122    |
| <b>Erro Absoluto 45° Não Dom</b> | 6,72 (12,12)   | 6,31 (7,63)   | 0,045*   | 7,89 (9,47)   | 7,74 (6,34)   | 0,187    |
| <b>Erro Relativo 45° Dom</b>     | 6,92 (7,61)    | 5,76 (7,55)   | 0,989    | 7,37 (7,20)   | 4,56 (7,80)   | 0,217    |
| <b>Erro Relativo 45° Não Dom</b> | 6,72 (12,12)   | 5,20 (8,19)   | 0,045*   | 7,89 (9,64)   | 6,67 (6,67)   | 0,018*   |
| <b>Erro Variável 45° Dom</b>     | 2,34 (2,80)    | 3,31 (3,36)   | 0,775    | 1,79 (3,36)   | 1,33 (2,15)   | 0,274    |
| <b>Erro Variável 45° Não Dom</b> | 3,35 (3,84)    | 1,76 (3,52)   | 0,073    | 2,19 (0,76)   | 1,64 (2,73)   | 0,808    |
| <b>Erro Absoluto 20° Dom</b>     | 15,17 (13,02)  | 13,98 (19,73) | 0,732    | 18,22 (14,37) | 14,64 (8,80)  | 0,689    |
| <b>Erro Absoluto 20° Não Dom</b> | 15,36(14,62)   | 12,61(12,85)  | 0,605    | 16,70(20,67)  | 11,89(12,80)  | 0,058    |
| <b>Erro Relativo 20° Dom</b>     | -15,17 (13,02) | -13,98(19,73) | 0,71     | -18,22(14,37) | -14,63(8,80)  | 0,689    |
| <b>Erro Relativo 20° Não Dom</b> | -15,36(14,62)  | -11,89(12,80) | 0,503    | -16,70(20,67) | -11,89(12,80) | 0,058    |
| <b>Erro Variável 20° Dom</b>     | 3,74(5,31)     | 5,03(5,40)    | 0,407    | 4,01(3,87)    | 3,52(2,62)    | 0,079    |
| <b>Erro Variável 20° Não Dom</b> | 5,31(4,68)     | 4,34(5,18)    | 0,26     | 2,79(3,36)    | 3,89(2,77)    | 0,181    |

(\*)  $p \leq 0,05$

**Tabela 13:** Comparação das diferenças verificadas com a intervenção entre os dois grupos para SPA [mediana(AIQ)].

|                   | Grupos        |              |       |
|-------------------|---------------|--------------|-------|
|                   | GC            | GI           | p     |
| <b>Dif_EA45D</b>  | -0,01 (7,37)  | -3,00(6,76)  | 0,363 |
| <b>Dif_ER45D</b>  | -0,01(10,24)  | -3,15(7,56)  | 0,363 |
| <b>Dif_EV45D</b>  | 0,02 (3,94)   | -0,62(1,90)  | 0,46  |
| <b>Dif_EA45ND</b> | -2,59(8,93)   | -0,48(10,19) | 0,759 |
| <b>Dif_ER45ND</b> | -2,74 (8,93)  | -5,70(12,32) | 0,539 |
| <b>Dif_EV45ND</b> | -1,13(4,28)   | -0,88(2,88)  | 0,179 |
| <b>Dif_EA20D</b>  | 3,11 (19,98)  | -1,93(13,50) | 0,649 |
| <b>Dif_ER20D</b>  | -3,34 (19,98) | 1,93(13,50)  | 0,577 |
| <b>Dif_EV20D</b>  | 1,18 (5,18)   | -1,80 (3,47) | 0,059 |
| <b>Dif_EA20ND</b> | -0,46(11,17)  | -5,56(19,79) | 0,246 |
| <b>Dif_ER20ND</b> | 0,46(12,78)   | 5,63(20,53)  | 0,339 |
| <b>Dif_EV20ND</b> | -1,68(6,97)   | 0,92 (4,64)  | 0,114 |

## 5.6. Comparação de grupos e efeito da intervenção no FES

Na tabela 14, a variável FES não apresentou importância significativa entre os grupos para o instante antes e depois da intervenção. Todavia, a tabela 15 mostra  $p=0,006$  para a comparação entre antes e depois para GC e  $p=0,002$  para mesma correlação em GI. Quando esta diferença do depois e antes (DifFES) são novamente comparados entre os grupos, o valor obtido é acima de  $p \leq 0,005$  ( $p=0,569$ ).

**Tabela 14:** Comparação de grupos entre si, antes e depois da intervenção para FES [mediana(AIQ)].

|            | Grupos        |              |       |              |              |       |
|------------|---------------|--------------|-------|--------------|--------------|-------|
|            | Antes         |              |       | Depois       |              |       |
|            | GC            | GI           | p     | GC           | GI           | p     |
| <b>FES</b> | 36,00 (26,00) | 35,00(31,00) | 0,927 | 29,00(19,00) | 27,00(14,00) | 0,855 |

**Tabela 15:** Comparação entre o antes e depois da intervenção em ambos os grupos para FES [mediana(AIQ)].

|            | Grupos        |              |        |              |              |        |
|------------|---------------|--------------|--------|--------------|--------------|--------|
|            | GC            |              |        | GI           |              |        |
|            | Antes         | Depois       | p      | Antes        | Depois       | p      |
| <b>FES</b> | 36,00 (26,00) | 29,00(19,00) | 0,006* | 35,00(31,00) | 27,00(14,00) | 0,002* |

(\*)  $p \leq 0,05$

**Tabela 16:** Comparação das diferenças verificadas com a intervenção entre os dois grupos para FES [mediana(AIQ)].

|               | Grupos       |              |       |
|---------------|--------------|--------------|-------|
|               | GC           | GI           | p     |
| <b>DifFES</b> | -2,50(10,50) | -5,00(15,00) | 0,569 |

### 5.7. Comparação de grupos e efeito da intervenção no ABC

As tabelas 17, 18 e 19 mostram as relações comparativas existentes entre as variáveis associadas à escala ABC. Na tabela 17, a comparação entre o GC e GI para cada período, não apresentam diferenças significativas, independentemente da presença dos exercícios sensoriomotores estipuladas em grupo intervenção.

**Tabela 17:** Comparação de grupos entre si, antes e depois da intervenção para ABC [mediana(AIQ)].

|            | Grupos        |               |       |               |              |       |
|------------|---------------|---------------|-------|---------------|--------------|-------|
|            | Antes         |               |       | Depois        |              |       |
|            | GC            | GI            | p     | GC            | GI           | p     |
| <b>ABC</b> | 51,56 (55,78) | 56,87 (42,81) | 0,767 | 73,12 (40,47) | 72,50(28,13) | 0,716 |

**Tabela 18:** Comparação entre o antes e depois da intervenção em ambos os grupos para ABC [mediana(AIQ)].

|            | Grupos        |               |       |               |              |        |
|------------|---------------|---------------|-------|---------------|--------------|--------|
|            | GC            |               |       | GI            |              |        |
|            | Antes         | Depois        | p     | Antes         | Depois       | p      |
| <b>ABC</b> | 51,56 (55,78) | 73,12 (40,47) | 0,095 | 56,87 (42,81) | 72,50(28,13) | 0,013* |

(\*)  $p \leq 0,05$

**Tabela 19:** Comparação das diferenças verificadas com a intervenção entre os dois grupos para ABC [mediana(AIQ)].

|               | Grupos       |              |       |
|---------------|--------------|--------------|-------|
|               | GC           | GI           | p     |
| <b>DifABC</b> | 1,56 (18,75) | 5,62 (26,52) | 0,356 |

Apenas na tabela 18 o valor significativo fica evidente para a comparação entre o antes e depois para GI ( $p=0,013$ ), todavia a diferença de valores entre os grupos na tabela 19 não demonstraram diferenças significativas quando comparados o GC e GI entre si.

## **VI. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS**

O objetivo do presente estudo foi avaliar a efetividade de um programa de exercícios sensoriomotores na acuidade proprioceptiva, equilíbrio, força muscular, mobilidade funcional e risco de quedas em idosos institucionalizados. Após a apresentação dos resultados é necessária a correcta interpretação da informação contida nesta análise, de acordo com a informação publicada previamente, para que se possa equacionar a possibilidade de transposição dos resultados para a prática clínica.

### **6.1. Senso de Posição Articular**

Considerando estudos analisados por Henry e Baudry (2019), é possível afirmar que a manutenção da postura ereta e controle de equilíbrio estão relacionados ao gerenciamento das entradas multimodais sensoriais e a real importância dos proprioceptores presentes em membros inferiores, principal fonte de informação proprioceptiva para tal controle, além de sua consequente perda durante o processo de envelhecimento (Shaffer e Harrison 2007). Esta informação, suporta nossa hipótese de que possivelmente, os exercícios sensoriomotores pudessem melhorar o senso de posição articular, principalmente em membro inferior dominante com o aumento de sinais aferentes oriundos de tal sistema, após a intervenção dos exercícios sensoriomotores.

Estudos realizados por Ribeiro e Oliveira (2010), sugeriram a atividade física como indicativo para diminuição da queda proprioceptiva em idosos, devido a alteração dos fusos musculares e suas vias neurais, ao avaliar o senso de posição articular do joelho em estudo transversal incluindo 69 idosos e 60 jovens, sendo subdivididos em exercitados ou não. No estudo, o SPA foi medido em cadeia cinética aberta em posicionamento ativo, partindo de 90 graus de flexão para angulações entre 40 e 60°, avaliando o erro angular absoluto e relativo apenas para membro dominante. Apesar da metodologia ter sido idêntica ao nosso estudo, diferimos nas angulações escolhidas (20° e 45°), na opção avaliativa de ambos os membros dominantes e não-dominantes, além da especificidade do exercício adotado.

Os autores referem que os idosos não exercitados apresentaram valores significativamente superiores de erros absolutos e relativos e que os jovens exercitados apresentaram valores de

erro angular significativamente menores, sugerindo a atividade física como fator importante na manutenção da acuidade proprioceptiva.

Em nosso estudo, de forma geral, os programas de intervenção de ambos os grupos não parecem ter provocado alterações consistentes na acuidade proprioceptiva. No entanto, verificou-se no GC a existência de diferenças significativa no erro absoluto avaliado a 45° no membro não dominante e uma diminuição significativa do erro relativo 45° no membro não dominante em ambos os grupos. Estes achados sugerem um aumento na acuidade proprioceptiva a 45° para o membro não dominante em ambos os grupos, ou seja, não parece ser um resultado dos exercícios sensoriomotores em específico, mas antes uma melhoria decorrente do exercício de forma global, apresentando sinergia com os conceitos apresentados pelo estudo citado acima realizado por Ribeiro e Oliveira (2010) ao referir a importância da ação muscular e dos fusos musculares como fonte de informação sensorial.

Apresentamos fundamentação teórica baseado em estudo publicado por Liu et al. (2021) em que afirma que estímulos externos (movimento vibratório em tornozelo, no artigo citado) melhoraram o desempenho proprioceptivo de músculos (gastrocnêmico ou fibular) em membro esquerdo não dominante para grupo de baixa performance (grupos de estudos: controle, alto e baixa performance de acordo com os escores proprioceptivos de desempenho inicial). Os resultados foram explicados através da “ressonância estocástica” em que o cérebro consegue melhorar suas respostas a estímulos sensoriais fracos desde que haja uma certa intensidade de ruídos (provações que são captadas pelo sistema sensorial) e desta forma, a sensibilidade proprioceptiva será aumentada.

Além deste argumento, o autor mencionado acima relata que a lateralidade existente entre os dois hemisférios cerebrais, apresenta diferença de função e comando proprioceptivo entre hemisfério direito e esquerdo com a relação do membro ser dominante ou não-dominante. O membro não-dominante estaria mais relacionado ao controle de posição, enquanto o membro dominante ao percurso de avanço ou trajetória, segundo pesquisas também realizados por Wang e Sainburg (2006). É provável que em nosso estudo, os participantes tenham estimulado mais o suporte de apoio (membro não dominante) diante dos exercícios sensoriomotores do que a condição de executar o avanço.

Estudo realizado por Zheng et al. (2013) ao dividir os idosos em dois grupos: um que realizou treino proprioceptivo associado à cognição e o grupo controle que realizou exercícios

convencionais como alongamentos, fortalecimentos e exercícios aeróbicos, pode-se observar que ao analisar o senso de posição articular em duas angulações 30° e 60° de flexão no quesito de erro absoluto, houve diferença significativa para o membro inferior esquerdo entre os grupos, mas não para o direito. Partindo do princípio que a grande maioria da população é destrímana, estes resultados parecem ir ao encontro dos resultados do presente estudo na medida em que se verificaram apenas ganhos no membro não dominante.

Relativamente ao facto que as alterações mais consistentes se verificaram na avaliação aos 45°, consideramos importante referir que os recetores musculares responsáveis pela acuidade proprioceptiva no joelho estão, segundo Olsson et al. (2004), mais ativos entre os 40° e os 60° de flexão (amplitudes intermédias), enquanto que os recetores articulares estão mais ativos perto do limite das amplitudes de movimento (amplitudes extremas). Considerando que os exercícios de fortalecimento e exercícios proprioceptivos, pelas suas características, poderão estimular principalmente os receptores musculares, essa poderá ser uma possível justificação para os nossos resultados encontrados.

Em contrapartida, não suportando nossos dados, Sadeghi et al. (2016), evidenciou diferença significativa para ambos os membros inferiores dominantes e não-dominantes, assim como para as três angulações 30°, 45° e 60° apenas em grupo intervenção quando comparados com o grupo controle. O grupo intervenção utilizou exergames Xbox Kinect em idosos saudáveis e a medição foi feita através do dinamômetro isocinético em articulação do joelho.

Até a escrita desta dissertação, não foi encontrado um estudo direcionado a exercícios sensoriomotores com foco em graduação de dificuldade para uma análise comparativa, mas demais estudos relacionados a exergames (van Diest et al., 2013), Tai Chi (Chen et al., 2012; Zou et al. 2019), programas de danças (Marmeleira et al., 2009) e tecnologia robótica (Elangovan et al., 2018) também apresentaram interesse na propriocepção, avaliação através do senso de posição articular e a conexão com o controle postural em idosos durante o seu processo de envelhecimento.

## 6.2. Força Muscular

Com relação à força muscular, uma hipótese foi criada. Ela refere-se à significância do ganho de força muscular quando os exercícios sensoriomotores são implementados na conduta fisioterapêutica.

Devido à escolha de protocolo de exercícios direcionados ao fortalecimento muscular tanto no grupo controle quanto no grupo intervenção, percebeu-se que em ambos houve ganho significativo de força. Orssatto et al. (2020) afirma ser eficaz um treinamento de potência para ganho de capacidade funcional, força e potência muscular em que ao comparar o treinamento de potência versus treinamento de resistência de velocidade moderada as hipertrofias foram semelhantes, mas maiores quando comparadas a estudos com apenas condição de controle analisada.

Em contrapartida, Nogueira et al. (2009) ao realizar estudos comparando treino de potência e treino resistido tradicional para detectar hipertrofia muscular em homens idosos, observou aumento da espessura do reto femoral apenas para quem realizou trabalho de potência e aumento em ambos os grupos para bíceps braquial com maiores resultados em treino de potência, mas ambos os grupos obtiveram aumento de força muscular significativa.

Este dado também está em comum acordo com a revisão sistemática e meta-análise publicada por Grgic et al. (2020), em que treinamentos utilizando resistência provocam eficácia na melhora de força muscular dos idosos, inclusive nos que possuem acima de 80 anos, além de ganho de hipertrofia para muitos.

Uma meta-análise e revisão sistemática realizada por Carneiro et al. (2021) analisou idosos acima de 65 anos hospitalizados ao realizarem protocolos de resistência para possíveis ganhos de força muscular, potência e capacidade funcional em contrapartida a condutas impostas pela equipe médica. Sendo elas: fisioterapia focada em caminhada recomendada pelos médicos (Ortiz-Alonso et al., 2020; Martínez-Velilla et al. 2020; Sáez de Asteasu et al. 2020), respiração e exercícios de alongamento (McCullagh et al. 2019), suporte médico e profissionais afins (Morton et al., 2007). Pode ser constatado que apesar de uma quantidade pequena de artigos analisados, os exercícios resistentes foram considerados promissores para força, potência e capacidade funcional em idosos hospitalizados agudos.

Lopez et al. (2018), confirma que apesar de uma grande heterogeneidade nos protocolos para fortalecimento muscular direcionado ao treino resistivo (frequência, sessões por semana, número de repetições, intensidade, número de séries, dentre outros) e suas combinações a outros exercícios multimodais ou não, ele representa uma intervenção eficaz para as fragilidades presentes no idoso.

Henwood et al. (2008), realizou estudo em que 67 idosos saudáveis na faixa etária compreendida entre 65-84 anos foram randomizados em três grupos: treino de alta velocidade, treino de fortalecimento (resistência constante) e grupo controle sem realizar qualquer atividade, apresentando resultados significativos e semelhantes tanto para ganho de força quanto potência muscular aos idosos que estiveram em grupos para atividade muscular evidenciada. Estando em comum acordo com Orsatto et al. (2020) que ao analisar o treino de força muscular associado à resistência moderada e à potência, observou-se que para ambos houve aumento de hipertrofia muscular em população idosa.

Além de todos os grupos terem ganhos significativos pelo fato da abordagem de treino de força muscular ter sido bilateral, os nossos resultados mostram, ainda, que o quadríceps dominante foi o único grupo muscular que apresentou diferença significativa entre o GI e GC ao comparar as 12 semanas de intervenção.

Nosso resultado, sugere a informação de que a musculatura extensora de joelho e flexora de quadril dominante realizou consideravelmente mais atividade funcional em membros inferiores na condição de estabilidade articular e recrutamento de fibras durante os exercícios sensoriomotores. Assim como afirma o conceito de déficit bilateral, em que ocorre maior produção de força unilateral em indivíduos com maior habilidade para tal segmento destreinado, mesmo havendo incentivo motor para ambos (Maior e Alves, 2003).

Resultados parcialmente semelhantes foram obtidos por Sekir e Gür (2005) em que ao realizar exercícios proprioceptivos associados a equilíbrio e coordenação no grupo intervenção versus grupo controle sem qualquer atividade desempenhada, em 22 participantes entre 41-75 anos com patologia de osteoartrose, 2x semana por 6 semanas, detectou aumento da força isométrica do quadríceps para grupo praticante, mas sem diferença significativa quando comparado ao grupo não praticante. Dados estes coincidentes com os apresentados nesta tese.

### 6.3. Risco de Quedas

Já na condição de risco de quedas, o fato de haver o ganho da força muscular para ambos os grupos controle e intervenção; ao associar o risco de queda, pode-se observar que foi o grupo intervenção que apresentou significância tanto no quesito confiabilidade ao realizar suas atividades diárias sem desequilíbrio ou instabilidade quanto no medo de cair e são, justamente, estas duas condições (medo de cair e perda de confiança) que Yardley (2002) cita como fatores importantes para perda de função física e diminuição das interações sociais proporcionando ao idoso restrições em suas atividades de vida diária.

Por consequência, quanto mais as limitações, mais as dependências e um processo de deterioração tende a vincular-se à condição do idoso suportando a nossa hipótese de que os exercícios sensoriomotores promovem maior independência funcional em idosos sedentários quando comparados, apenas, ao treino de fortalecimento muscular.

Sherrington et al. (2019) ao publicar estudo em que incluiu ensaios randomizados na busca de qualquer tipo de exercícios que proporcionassem, por si só, influência no risco de quedas em idosos acima de 60 anos, excluindo os RCT's associados a pacientes com doenças específicas (como Acidente Vascular Cerebral, por exemplo) suportam os nossos dados quando conclui que a escolha por exercícios relacionados à equilíbrio e exercícios funcionais reduzem o risco de quedas em 24%, mas quando houve o acréscimo dos exercícios de resistência, a redução do risco de queda foi para 34%.

Ou seja, considerando o nosso grupo intervenção, ao realizar o combinado de exercícios sensoriomotores + treino de fortalecimento muscular, os resultados sugeriram que a diminuição do risco de quedas relacionados ao medo de cair e confiabilidade ao responderem as escalas, apresentaram maior convencimento de eficácia quando comparados ao grupo controle, pelo fato de terem apresentado diferenças significativas na variável ABC. Porém, apesar de tal melhora significativa para grupo intervenção, quando comparadas entre o grupo controle e grupo intervenção, não se verificaram diferenças significativas entre eles, ou seja, as diferenças verificadas foram semelhantes nos dois grupos.

Todavia, o autor Sherrington et al. (2019) relata incerteza nos efeitos de programa de resistência, dança ou caminhada para taxa de risco de quedas e indivíduos que sofreram quedas como conduta prioritária versus grupo controle.

Em contrapartida, estudo realizado por Wang et al. (2017) afirma que um treino de fortalecimento muscular com cargas máximas, poucas repetições em contração concêntrica executado em idosos, aumenta a eficiência das fibras tipo II (aumento de tamanho e porcentagem) para melhor funcionalidade física e prevenção de quedas, mesmo desconhecendo o impacto sobre a morfologia muscular. Em caráter mais globalizado, Thomas et al. (2019) afirma que tanto o treinamento de força muscular quanto de equilíbrio são métodos eficazes para diminuição de risco de quedas em idosos. Os resultados do presente estudo parecem estar concordantes com a bibliografia citada.

#### **6.4. Funcionalidade**

Com relação à funcionalidade, nossos dados direcionados ao Timed Up and Go, mostram que para ambos os grupos controle e intervenção a aplicabilidade de um treino de fortalecimento muscular sozinho ou associado aos exercícios sensoriomotores apresentou ser eficaz à população idosa acompanhada durante período de 12 semanas.

Nosso estudo está em comum acordo com artigo publicado por Carvalho et al. (2015) ao analisar os efeitos da adição da informação sensorial em idosas (bandagem infrapatelar) para controle postural e desempenho físico com e sem histórico de quedas, apresentando diferença significativa para a variável TUG em idosas caídas; porém, sem resultados significativos para o SPPB. Nossos dados estão em sinergia, também, com o estudo do Sousa et al. (2017) ao separar, aleatoriamente, os idosos em dois grupos de intervenção: exercício aeróbico isolado, exercício resistente associado ao aeróbico e um grupo controle sem prescrição de nenhuma atividade, apenas orientações gerais para manutenção de suas atividades diárias.

Sousa et al. (2017) reporta que ao realizar fortalecimento muscular na atividade de resistência, o grupo de exercícios combinados apresentaram uma melhora de 20,8% quando comparados aos que realizaram apenas exercícios aeróbicos (7,3%), sugerindo a sensibilidade da variável TUG para análise do condicionamento muscular dos membros inferiores. Já o grupo controle não apresentou alterações significativas nesta variável.

Ainda em consenso com nossos dados, Sousa e Sampaio (2005) já afirmavam haver tal relação significativa entre o ganho de força em membros inferiores com o Timed Up and Go e o Funcional Reach test ao reportar que um programa de treinamento de força muscular em

grupo intervenção evidenciou melhorias nas atividades funcionais e prevenção de quedas em comparação ao grupo controle. Seguindo com o mesmo raciocínio, Sousa e Mendes (2015) realizou estudo em que analisou TUG e Funtional Reach test entre três grupos, dois relacionados a intervenção de treino de resistência e treino multifatorial envolvendo marcha, equilíbrio, coordenação, treinamento de força e alongamentos, já o terceiro sendo associado ao grupo controle.

Os autores argumentam que tanto o treino resistente quanto o multifatorial apresentaram eficácia na prevenção de quedas, além de diferença significativa entre o pré e pós para TUG e Functional Reach Test em ambos os grupos de intervenção.

Estas informações fundamentam nossos dados ao considerar que o nosso grupo controle e intervenção obtiveram resultados significativos, a partir do momento que valorizamos a presença do treino de fortalecimento muscular em ambos os grupos.

Joung and Lee (2019) investigaram a dança criativa (DC) como fonte de informação sensoriomotora em que os idosos foram divididos em dois grupos: grupo que realizaria a dança criativa com o intuito não de repetir movimentos, mas estimular a criatividade, cognição, capacidade de descobrir novos movimentos, estimular a psicomotricidade e despertar o reconhecimento corporal e outro grupo com direcionamento aos alongamentos musculares. Resultados colhidos para ambos os lados, sobre a DC pode-se constatar melhora no equilíbrio dinâmico e na mobilidade funcional, além de diminuição do TUG quando comparado o antes e depois da intervenção apenas para este grupo.

Assim também obtive resultados na mesma linha, quando Zhuang et al. (2014) analisou o Tai Chi Chuan (estimulação sensoriomotora) associado à aquecimento, alongamento, força e equilíbrio fazendo parte do grupo intervenção e como grupo controle, os idosos mantiveram suas habilidades diárias, normalmente. Após 12 semanas de intervenção, houve melhora de 17,6% para TUG, além de aumento em 54,7% no teste sentar-levantar da cadeira por 30s, ganho de equilíbrio e força muscular em músculos do joelho e tornozelo.

Em contrapartida, Gschwind et al. (2015) analisou a tecnologia de videogame como ferramenta sensoriomotora para performance funcional associada à diminuição de risco de quedas ao dividir os idosos em três grupos: grupo controle que receberam apenas um livro educacional e orientações para manutenção de suas atividades diárias; grupo KIN com 3 exergames de equilíbrio e 5 exercícios de força; grupo IG2 com estimulações cognitivas,

pode-se constatar que para tal variável em discussão não houve diferença significativa entre os grupos intervenções e grupo controle, tampouco entre pré e pós para cada grupo analisado.

Percebe-se até o momento de elaboração deste trabalho que uma grande variedade de exercícios representando o sistema sensoriomotor são abordados para análise de variáveis em comum, havendo dificuldade de uma análise mais precisa se for considerar com rigor a semelhança entre os exercícios escolhidos.

Todavia, ao considerar a relação existente entre força muscular e funcionalidade, podemos associar a condição de que quanto maior o ganho de força muscular em membros inferiores, maior a capacidade que tais segmentos terão em desempenhar deslocamentos, atividades em cadeia cinética aberta ou fechada, além de demais habilidades associadas à capacidade do idoso em realizar suas intenções funcionais. Este raciocínio pode ser suportado diante de todos os propósitos já explanados acima.

## **6.5. Equilíbrio**

Ao levantar a hipótese de que os exercícios sensoriomotores atuam no equilíbrio com maior significância, foi constatado que os exercícios sensoriomotores abordados no grupo intervenção induziram melhorias significativas em todos os quesitos relacionados ao equilíbrio pela bateria de testes SPPB.

Estudos realizados com exergames (Nintendo Wii baseado em biofeedback) por Jørgensen (2014) não apresentaram ganhos no equilíbrio estático bilateral, não suportando nossos dados, mas apresentaram grande teor de motivação e entusiasmo por parte dos participantes na realização de tal intervenção. Relataram, ainda, que o controle do horário do dia para a avaliação postural deve ser rigoroso e levado em consideração, pois foi um fator curioso discutido no artigo. Em contrapartida, melhoria de força muscular, capacidade de realizar força rápida e habilidade funcional foram índices evidenciados para melhora do risco de quedas em idosos.

Outro estudo apresentado por Treml et al. (2013) comparando o treino proprioceptivo convencional no grupo controle (cama elástica, skate, prancha, balanço e disco *twist*) com o treino proprioceptivo modificado (exercícios adaptados e diferenciados) associado ao

Nintendo Wii não reportou diferenças significativas quanto ao medo de cair (FES-I). Com relação ao grupo intervenção, observou-se que na avaliação com a escala de Berg, avaliando o equilíbrio estático, os autores não reportaram diferenças significativas, mas diferenças significativas foram reportadas nas avaliações com Escala Unipodal, POMA, Alcance Funcional Anterior e Alcance Funcional Lateral.

Por outro lado, apoiando nossos dados devido à abordagem sensoriomotora, apesar da divergência de alguns exercícios, o estudo realizado por Zheng et al. (2013) ao analisar exercícios proprioceptivos (aquecimento, exercícios de equilíbrio estático, dinâmico, marchas-caminhadas-corridas em sentidos e direções diferentes, arrefecimento) associados à cognição em contraponto a exercícios convencionais (aquecimento, fortalecimento, alongamento, relaxamento e orientações gerais) locados no grupo controle, permitiu constatar diferenças significativas para o equilíbrio estático, escala de Berg e propriocepção em pessoas idosas, após 8 semanas de treinamento proprioceptivo.

Seguindo em sinergia com os nossos dados, estudo realizado por Nascimento et al. (2012) abordaram exercícios proprioceptivos como fonte de informação sensoriomotora, ao qual os participantes teriam que realizar a marcha em uma pista de treinamento com quatro tipos de solos com níveis de dificuldades progressivos. Após análise pré e pós, foram constatadas melhoras significativas para a Escala de Berg, indicativo avaliativo para equilíbrio, assim como diminuição de oscilações para a análise de Romberg, agilidade para percorrer distâncias pré-determinadas, além de melhora de equilíbrio estático e dinâmico. Concluíram, portanto, que o treino proprioceptivo (um dos suportes para informação somatosensorial) em idosos é eficaz para ganho de equilíbrio.

Nosso protocolo de intervenção, foco de nossa investigação, apresenta metodologia para captação, justamente, destas condições abordadas no estudo citado acima, inclusive a essência de níveis de dificuldade impostos para os exercícios. Apesar dos instrumentos avaliativos terem sido diferentes, os resultados estão em sinergias com os apresentados pelo presente estudo.

Considerando os nossos dados e os resultados que favorecem a população senil nas condições osteomioarticulares, sistemas que envolvem o equilíbrio, aptidões, segurança e diminuição do medo em executar atividades diárias, acreditamos que idosos sedentários em lares

institucionalizados não devem ficar sem suporte fisioterapêutico diante dos benefícios promovidos à população já mencionados no decorrer de toda a discussão acima.

Diante do exposto, nosso estudo está totalmente fundamentado no artigo publicado por Donath et al. (2015) ao refletirmos sobre os nossos exercícios estrategicamente estruturados para que os níveis de dificuldade (em 4 para cada exercício) impostos também estivessem conectados com a capacidade de treino cognitivo associado ao motor, mecanismo de agilidade ao obedecer comandos verbais, assim como resposta motora rápida ao executar tais estímulos. Além, obviamente, do treino de equilíbrio e estimulação sensoriomotora como um todo, ao considerar os três sistemas que oferecem informações sensoriais ao sistema nervoso (sistema visual, somatosensorial e vestibular) e sua conectividade mútua para a melhor compensação possível das falhas que o envelhecimento possa oferecer.

O autor citado acima, afirma que quando o treino de força, resistência, equilíbrio e funcionalidade são abordados de maneira independente, como geralmente são, podem apresentar lentidão de conectividade do próprio sistema sensoriomotor, neuromuscular e cardiovascular. Logo, a importância de uma intervenção multifocal apresenta ser bastante promissora para melhora da qualidade de vida do idoso, diminuindo os riscos de intercorrências traumato-ortopédicas que possam comprometer a qualidade de vida senil, princípio este que alicerça nossa ideia principal.

### **Limitações do Estudo**

Algumas limitações devem ser consideradas e refletidas diante deste estudo. Primeiramente, toda a pesquisa foi realizada em período pandêmico de COVID-19 em que circunstâncias associadas às dificuldades de acesso aos locais autorizados para a execução da pesquisa e atrasos indesejados podem ter influenciado negativamente o estudo, a partir do momento, em que alterações metodológicas tiveram que ser refeitas, como a exclusão do follow-up, previamente programado para acontecer. A ausência de duplo-cego foi solicitada pelas Instituições, pois devido à pandemia, apenas uma pessoa, lê-se a pesquisadora, teve acesso liberado aos idosos institucionalizados seguindo todos os protocolos e normas internas sanitárias sobre Covid-19.

Segundo, a adaptação do aparelho esfigmomanômetro para mensuração da força muscular tinha mensuração máxima de 300mmHg, participantes que atingiram este limite pós-intervenção apresentaram registros de valor simbolicamente até tal marcação, mesmo podendo ter força muscular para ultrapassar tais valores, caracterizando uma limitação da ferramenta escolhida.

Outra condição a ser considerada foi a dificuldade de compreensão por parte dos idosos com idade mais avançada para a análise do senso de posição articular devido à dificuldade tanto cognitiva para compreensão do processo quanto de ausculta para obedecer aos comandos verbais da pesquisadora. O fato de não ter sido feito teste avaliativo para a condição cognitiva dos idosos como critério de inclusão-exclusão, comprometeram, parcialmente, o estudo, quando esta condição seria o diferencial para uma abordagem mais fidedigna.

Houve muitas queixas, por parte dos participantes, para a manutenção do mesmo exercício durante o tempo de 6 minutos. Isto acarretou desestímulo e um grande esforço da pesquisadora para a não desistência do estudo, deixando a dúvida se a execução das atividades estariam a acontecer com o máximo de dedicação ou era dificuldade própria do envelhecimento. Ou seja, o tempo escolhido pode ter sido exacerbado, ao considerar uma população senil sem resistência física, apesar dos resultados alcançados.

O número reduzido de participantes foi um fator limitante, assim como o alto número de desistências acarretando um número ainda menor que seguiram até o final da pesquisa. Apesar da distribuição estatisticamente normal, os critérios de inclusão impostos, como o fato de não estarem em atividade fisioterapêutica há um longo período sendo residentes em lares institucionalizados, limitou bastante a busca por mais lugares semelhantes aos selecionados para o estudo.

## VII. CONCLUSÃO

Os exercícios sensoriomotores causam bastante confusão teórica nas buscas por informações técnicas desde o conceito até em protocolos sugeridos. Por muitas vezes os conceitos entre propriocepção, sistema somatossensorial e sensoriomotor são levemente confundidos ocasionando dificuldades na aplicabilidade clínica e prática dos seus benefícios.

Em nosso estudo, além de esclarecermos tais pontos, ao sugerirmos um protocolo de exercícios compreendidos em 4 modelos com 4 fases de dificuldades para cada exercício abordado, em que de acordo com o alcance da facilidade adquirido na execução, nova dificuldade era estipulada, conseguimos evoluir com os participantes. A conexão de todos os sistemas sensoriais envolvidos através da estimulação sensoriomotora foi importante para que o idoso adquirisse habilidades diárias e assim, detectamos quais foram os ganhos adquiridos.

Em nosso grupo intervenção, a combinação de tais exercícios associados ao protocolo de fortalecimento muscular já descrito na literatura, provocaram resultados satisfatórios no ganho de força muscular, resultado este, também significativo para grupo controle, não havendo diferença significativa pelo uso acrescido dos exercícios sensoriomotores.

No quesito mobilidade funcional idoso, ambos os grupos apresentaram relevância, assim como para o risco de quedas, apresentando, especificamente, aos participantes do grupo intervenção aumento na confiabilidade ao realizar atividades específicas com maior segurança. Esta informação faz conexão com os dados fornecidos pela análise do equilíbrio. O mesmo grupo e apenas ele, o grupo intervenção, apresentou diferença significativa para equilíbrio com o acréscimo dos exercícios sensoriomotores em treino de fortalecimento muscular.

Pode-se concluir, portanto, que a aplicabilidade dos Exercícios Sensoriomotores em população idosa sedentária institucionalizada provocou ganho de equilíbrio impactando positivamente na variável confiança ao realizarem suas funções, sendo sugerido a inclusão de tal protocolo em intervenções fisioterapêuticas.

Este trabalho abre uma porta, até o presente momento, para encorajar demais pesquisadores a investirem em protocolos para Exercícios Sensoriomotores, além de suporte científico para elaboração de níveis de dificuldades impostos para que a estimulação sensoriomotora seja sempre progressiva.

Estudos que investiguem tais resultados a longo prazo, através de follow-up, também são sugeridos para perceber se com a interrupção da intervenção a população senil consegue manter os alcances ou não, se a fisioterapia faz-se necessária constantemente para manutenção dos resultados que são alcançados ou não.

## VIII. BIBLIOGRAFIA

Ahmad I, Verma S, Noohu MM, Shareef MY, Hussain ME. (2020). Sensorimotor and gait training improves proprioception, nerve function, and muscular activation in patients with diabetic peripheral neuropathy: a randomized control trial. *J Musculoskelet Neuronal Interact*, 20(2):234-248.

Ahmad, I., Noohu, M. M., Verma, S., Singla, D., & Hussain, M. E. (2019). Effect of sensorimotor training on balance measures and proprioception among middle and older age adults with diabetic peripheral neuropathy. *Gait & posture*, 74, 114–120.

Alexandrov, A. V., Frolov, A. A., Horak, F. B., Carlson-Kuhta, P., & Park, S. (2005). Feedback equilibrium control during human standing. *Biological cybernetics*, 93(5), 309–322.

Ali, Y., Farzaneh, G. e Homayoon, A. (2013). The Effect Of Fatigue On The Ankle And Knee Proprioception And Dynamic Control Of Posture. *International Journal of Sports Sciences & Fitness*, 3(2), 235-249.

Bacsi, A. M., & Colebatch, J. G. (2005). Evidence for reflex and perceptual vestibular contributions to postural control. *Experimental brain research*, 160(1), 22–28.

Baloh, R. W., Fife, T. D., Zwerling, L., Socotch, T., Jacobson, K., Bell, T., & Beykirch, K. (1994). Comparison of static and dynamic posturography in young and older normal people. *Journal of the American Geriatrics Society*, 42(4), 405–412.

Banks, R. W., Hulliger, M., Saed, H. H., & Stacey, M. J. (2009). A comparative analysis of the encapsulated end-organs of mammalian skeletal muscles and of their sensory nerve endings. *Journal of anatomy*, 214(6), 859–887.

Bays, P. M., & Wolpert, D. M. (2007). Computational principles of sensorimotor control that minimize uncertainty and variability. *The Journal of physiology*, 578(Pt 2), 387–396.

Bear, M.F., Connors, B.W., Paradiso, M.A.. (2007). *Neuroscience - Exploring the Brain*, 3 ed. Philadelphia, Lippincott Williams & Wilkins.

Benjuya, N., Melzer, I., & Kaplanski, J. (2004). Aging-induced shifts from a reliance on sensory input to muscle cocontraction during balanced standing. *The journals of gerontology. Series A, Biological sciences and medical sciences*, 59(2), 166–171.

Berg, W. P., Alessio, H. M., Mills, E. M., & Tong, C. (1997). Circumstances and consequences of falls in independent community-dwelling older adults. *Age and ageing*, 26(4), 261–268.

Bonfim, T. R. e Barela, J. A. (2007). Efeito da manipulação da informação sensorial na propriocepção e no controle postural. *Fisioterapia em Movimento*, 20(2), 107-117.

Cabreira, T. S., Coelho, K. H. V., & Quemelo, P. R. V. (2014). Kinesio Taping effect on postural balance in the elderly. *Fisioterapia e Pesquisa*, 21(4), 333-338.

Calabrò, R. S., Naro, A., Filoni, S., Pullia, M., Billeri, L., Tomasello, P., Portaro, S., Di Lorenzo, G., Tomaino, C., & Bramanti, P. (2019). Walking to your right music: a randomized controlled trial on the novel use of treadmill plus music in Parkinson's disease. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, 16(1), 68.

Camargos, F. F., Dias, R. C., Dias, J. M., & Freire, M. T. (2010). Cross-cultural adaptation and evaluation of the psychometric properties of the Falls Efficacy Scale-International Among Elderly Brazilians (FES-I-BRAZIL). *Revista brasileira de fisioterapia (Sao Carlos (Sao Paulo, Brazil))*, 14(3), 237–243.

Carleton, S. C., & Carpenter, M. B. (1984). Distribution of primary vestibular fibers in the brainstem and cerebellum of the monkey. *Brain research*, 294(2), 281–298.

Carneiro, M., Franco, C., Silva, A. L., Castro-E-Souza, P., Kunevaliki, G., Izquierdo, M., Cyrino, E. S., & Padilha, C. S. (2021). Resistance exercise intervention on muscular strength and power, and functional capacity in acute hospitalized older adults: a systematic review and meta-analysis of 2498 patients in 7 randomized clinical trials. *GeroScience*, 43(6), 2693–2705.

Caron O. (2004). Is there interaction between vision and local fatigue of the lower limbs on postural control and postural stability in human posture? *Neuroscience letters*, 363(1), 18–21.

Carvalho RL, Almeida GL. (2008). Aspectos sensoriais e cognitivos do controle postural. *Revista Neurociências*.

Carvalho, I. F. de, Bortolotto, T. B., Fonseca, L. C. S., & Scheicher, M. E. (2015). Uso da bandagem infrapatelar no desempenho físico e mobilidade funcional de idosas com história de quedas. *Revista Brasileira de Geriatria e Gerontologia*, 18(1), 119-127.

Centers for Disease Control and Prevention. (2021). National Center for Injury Prevention and Control. Web-based Injury Statistics Query and Reporting System (WISQARS). [Em linha]. Disponível em: <http://www.cdc.gov/injury/wisqars/>. [Acedido em fevereiro 2022].

Chen, E. W., Fu, A. S., Chan, K. M., & Tsang, W. W. (2012). The effects of Tai Chi on the balance control of elderly persons with visual impairment: a randomised clinical trial. *Age and ageing*, 41(2), 254–259.

Cheney, P. D., & Preston, J. B. (1976). Classification and response characteristics of muscle spindle afferents in the primate. *Journal of neurophysiology*, 39(1), 1–8.

Chianca T.C.M., Andrade C.R., Albuquerque J., Wenceslau L.C.C., Tadeu L.F.R., Macieira T.G.R., et al. (2013). Prevalência de quedas em idosos cadastrados em um Centro de Saúde de Belo Horizonte-MG. *Rev Bras Enferm*, 66(2):234-40.

Clayman C B. (1989). The American Medical Association Encyclopedia of Medicine. Random House; New York, NY.

Collins, J. J., & De Luca, C. J. (1993). Open-loop and closed-loop control of posture: a random-walk analysis of center-of-pressure trajectories. *Experimental brain research*, 95(2), 308–318.

Collins, J. J., & De Luca, C. J. (1993). Open-loop and closed-loop control of posture: a random-walk analysis of center-of-pressure trajectories. *Experimental brain research*, 95(2), 308–318.

Debanne, D., Campanac, E., Bialowas, A., Carlier, E., & Alcaraz, G. (2011). Axon physiology. *Physiological reviews*, 91(2), 555–602.

Delhaye, B. P., Long, K. H., & Bensmaia, S. J. (2018). Neural Basis of Touch and Proprioception in Primate Cortex. *Comprehensive Physiology*, 8(4), 1575–1602.

- Demura, S., Miyaguchi, K., & Aoki, H. (2010). The difference in output properties between dominant and nondominant limbs as measured by various muscle function tests. *Journal of strength and conditioning research*, 24(10), 2816–2820.
- Dhillon RJ, Hasni S. Pathogenesis and Management of Sarcopenia. *Clin Geriatr Med*. 2017 Feb;33(1):17-26.
- Dimitriou, M., & Edin, B. B. (2008). Discharges in human muscle receptor afferents during block grasping. *The Journal of neuroscience: the official journal of the Society for Neuroscience*, 28(48), 12632–12642.
- Dixe, M., Madeira, C., Alves, S., Henriques, M. A., & Baixinho, C. L. (2021). Gait Ability and Muscle Strength in Institutionalized Older Persons with and without Cognitive Decline and Association with Falls. *International journal of environmental research and public health*, 18(21), 11543.
- Edin, B. B., & Vallbo, A. B. (1990). Muscle afferent responses to isometric contractions and relaxations in humans. *Journal of neurophysiology*, 63(6), 1307–1313.
- Elangovan, N., Tuite, P. J., & Konczak, J. (2018). Somatosensory Training Improves Proprioception and Untrained Motor Function in Parkinson's Disease. *Frontiers in neurology*, 9, 1053.
- Ertl, M., & Boegle, R. (2019). Investigating the vestibular system using modern imaging techniques-A review on the available stimulation and imaging methods. *Journal of neuroscience methods*, 326, 108363.
- Faisal, A. A., & Wolpert, D. M. (2009). Near optimal combination of sensory and motor uncertainty in time during a naturalistic perception-action task. *Journal of neurophysiology*, 101(4), 1901–1912.
- Fil-Balkan, A., Salci, Y., Kekliceck, H., Armutlu, K., Aksoy, S., Kayihan, H., & Elibol, B. (2018). Sensorimotor integration training in Parkinson`s disease. *Neurosciences (Riyadh, Saudi Arabia)*, 23(4), 208–215.
- Fitts P. M. (1954). The information capacity of the human motor system in controlling the amplitude of movement. *Journal of experimental psychology*, 47(6), 381–391.

Fritsch, B., & Straka, H. (2014). Evolution of vertebrate mechanosensory hair cells and inner ears: toward identifying stimuli that select mutation driven altered morphologies. *Journal of comparative physiology. A, Neuroethology, sensory, neural, and behavioral physiology*, 200(1), 5–18.

Gallahue DL, Ozmun JC. (2003). Compreendendo o desenvolvimento motor: bebês, crianças, adolescentes e adultos. São Paulo: *Phorte Editora*.

Gauchard, G. C., Gangloff, P., Jeandel, C., & Perrin, P. P. (2003). Influence of regular proprioceptive and bioenergetic physical activities on balance control in elderly women. *The journals of gerontology. Series A, Biological sciences and medical sciences*, 58(9), M846–M850.

Gerdhem, P., Ringsberg, K. A., Akesson, K., & Obrant, K. J. (2005). Clinical history and biologic age predicted falls better than objective functional tests. *Journal of clinical epidemiology*, 58(3), 226–232.

Ghez, C. (1991). The control of movement. In *Principles of neural science* (ed. E.R. Kandel, J.H. Schwartz, and T.M. Jessell), pp. 533–547. Appleton & Lange, Norwalk, CT.

Giné-Garriga, M., Roqué-Fíguls, M., Coll-Planas, L., Sitjà-Rabert, M., & Salvà, A. (2014). Physical exercise interventions for improving performance-based measures of physical function in community-dwelling, frail older adults: a systematic review and meta-analysis. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 95(4), 753–769.e3.

Gobbo, S., Bergamin, M., Sieverdes, J. C., Ermolao, A., & Zaccaria, M. (2014). Effects of exercise on dual-task ability and balance in older adults: a systematic review. *Archives of gerontology and geriatrics*, 58(2), 177–187.

Goble DJ, Noble BC, Brown SH. (2009). Proprioceptive target matching asymmetries in left-handed individuals. *Exp Brain Res*. 197(4):403–408.

Goble, D. J., & Brown, S. H. (2008). Upper limb asymmetries in the matching of proprioceptive versus visual targets. *Journal of neurophysiology*, 99(6), 3063–3074.

Grabiner, M. D., Lundin, T. M., & Feuerbach, J. W. (1993). Converting Chattecx Balance System vertical reaction force measurements to center of pressure excursion measurements. *Physical therapy*, 73(5), 316–319.

Grgic, J., Garofolini, A., Orazem, J., Sabol, F., Schoenfeld, B. J., & Pedisic, Z. (2020). Effects of Resistance Training on Muscle Size and Strength in Very Elderly Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 50(11), 1983–1999.

Grigg, P., & Greenspan, B. J. (1977). Response of primate joint afferent neurons to mechanical stimulation of knee joint. *Journal of neurophysiology*, 40(1), 1–8.

Grigg, P., Finerman, G. A., & Riley, L. H. (1973). Joint-position sense after total hip replacement. *The Journal of bone and joint surgery. American volume*, 55(5), 1016–1025.

Gschwind, Y. J., Kressig, R. W., Lacroix, A., Muehlbauer, T., Pfenninger, B., & Granacher, U. (2013). A best practice fall prevention exercise program to improve balance, strength / power, and psychosocial health in older adults: study protocol for a randomized controlled trial. *BMC geriatrics*, 13, 105.

Gschwind, Y. J., Schoene, D., Lord, S. R., Ejupi, A., Valenzuela, T., Aal, K., Woodbury, A., & Delbaere, K. (2015). The effect of sensor-based exercise at home on functional performance associated with fall risk in older people - a comparison of two exergame interventions. *European review of aging and physical activity: official journal of the European Group for Research into Elderly and Physical Activity*, 12, 11.

Guyton A C. (1992). *Textbook of Medical Physiology*. 8th ed WB Saunders; Philadelphia.

Guyton, A.C., Hall, J.E. (2002). *Tratado de Fisiologia Médica*, 10 ed., Rio de Janeiro: Guanabara Koogan.

Harris, C. M., & Wolpert, D. M. (1998). Signal-dependent noise determines motor planning. *Nature*, 394(6695), 780–784.

Henry, M., & Baudry, S. (2019). Age-related changes in leg proprioception: implications for postural control. *Journal of neurophysiology*, 122(2), 525–538, 2019.

Henwood, T. R., Riek, S., & Taaffe, D. R. (2008). Strength versus muscle power-specific resistance training in community-dwelling older adults. *The journals of gerontology. Series A, Biological sciences and medical sciences*, 63(1), 83–91.

Holt, K. R., Haavik, H., Lee, A. C., Murphy, B., & Elley, C. R. (2016). Effectiveness of Chiropractic Care to Improve Sensorimotor Function Associated With Falls Risk in Older People: A Randomized Controlled Trial. *Journal of manipulative and physiological therapeutics*, 39(4), 267–278.

Horak F. B. (2006). Postural orientation and equilibrium: what do we need to know about neural control of balance to prevent falls? *Age and ageing*, 35 Suppl 2, ii7–ii11.

Hulliger M. (1984). The mammalian muscle spindle and its central control. *Reviews of physiology, biochemistry and pharmacology*, 101, 1–110.

Jami L. (1992). Golgi tendon organs in mammalian skeletal muscle: functional properties and central actions. *Physiological reviews*, 72(3), 623–666.

Johansson, R., & Magnusson, M. (1991). Human postural dynamics. *Critical reviews in biomedical engineering*, 18(6), 413–437.

Jørgensen M. G. (2014). Assessment of postural balance in community-dwelling older adults - methodological aspects and effects of biofeedback-based Nintendo Wii training. *Danish medical journal*, 61(1), B4775.

Joung, H. J., and Lee, Y. (2019). Effect of creative dance on fitness, functional balance, and mobility control in the elderly. *Gerontology* 65, 537–546.

Kappassov Z, Corrales J, Perdereau V. (2015) Tactile sensing in dexterous robot hands — Review. *Rob Auton Syst*,74:195–220.

Katrancha, E. D., Hoffman, L. A., Zullo, T. G., Tuite, P. K., & Garand, L. (2015). Effects of a video guided T'ai Chi group intervention on center of balance and falls efficacy: a pilot study. *Geriatric nursing (New York, N.Y.)*, 36(1), 9–14.

Khan, S., & Chang, R. (2013). Anatomy of the vestibular system: a review. *NeuroRehabilitation*, 32(3), 437–443.

- Kim, J. Y., Park, S. D., & Song, H. S. (2014). The effects of a complex exercise program with the visual block on the walking and balance abilities of elderly people. *Journal of physical therapy science*, 26(12), 2007–2009.
- Kim, T., Choi, S. D., & Xiong, S. (2020). Epidemiology of fall and its socioeconomic risk factors in community-dwelling Korean elderly. *PloS one*, 15(6).
- Klein R. (1991). Age-related eye disease, visual impairment, and driving in the elderly. *Human factors*, 33(5), 521–525.
- Kristinsdottir, E. K., Fransson, P. A., & Magnusson, M. (2001). Changes in postural control in healthy elderly subjects are related to vibration sensation, vision and vestibular asymmetry. *Acta oto-laryngologica*, 121(6), 700–706.
- Létocart, A. J., Mabesoone, F., Charleux, F., Couppé, C., Svensson, R. B., Marin, F., Magnusson, S. P., & Grosset, J. F. (2021). Muscles adaptation to aging and training: architectural changes - a randomised trial. *BMC geriatrics*, 21(1), 48.
- Light, K., Bishop, M., & Wright, T. (2016). Telephone Calls Make a Difference in Home Balance Training Outcomes: A Randomized Trial. *Journal of geriatric physical therapy (2001)*, 39(3), 97–101.
- Lin, C. H., & Faisal, A. A. (2018). Decomposing sensorimotor variability changes in ageing and their connection to falls in older people. *Scientific reports*, 8(1), 14546.
- Liu, B., Witchalls, J., Waddington, G., Adams, R., Wu, S., & Han, J. (2021). Vibration of calf muscles has reverse effects on right and left ankle proprioception in high and low proprioceptive performer groups. *Somatosensory & motor research*, 38(2), 101–107.
- Liu, J., Wang, X. Q., Zheng, J. J., Pan, Y. J., Hua, Y. H., Zhao, S. M., Shen, L. Y., Fan, S., & Zhong, J. G. (2012). Effects of Tai Chi versus Proprioception Exercise Program on Neuromuscular Function of the Ankle in Elderly People: A Randomized Controlled Trial. *Evidence-based complementary and alternative medicine : eCAM*, 2012, 265486.
- Lopez, P., Pinto, R. S., Radaelli, R., Rech, A., Grazioli, R., Izquierdo, M., & Cadore, E. L. (2018). Benefits of resistance training in physically frail elderly: a systematic review. *Aging clinical and experimental research*, 30(8), 889–899.

Lord, S. R., Clark, R. D., & Webster, I. W. (1991). Postural stability and associated physiological factors in a population of aged persons. *Journal of gerontology*, 46(3), M69–M76.

Lord, S. R., Ward, J. A., Williams, P., & Anstey, K. J. (1994). Physiological factors associated with falls in older community-dwelling women. *Journal of the American Geriatrics Society*, 42(10), 1110–1117.

Lovallo, C., Rolandi, S., Rossetti, A. M., & Lusignani, M. (2010). Accidental falls in hospital inpatients: evaluation of sensitivity and specificity of two risk assessment tools. *Journal of advanced nursing*, 66(3), 690–696.

Lucarotti, C., Oddo, C. M., Vitiello, N., & Carrozza, M. C. (2013). Synthetic and bio-artificial tactile sensing: a review. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 13(2), 1435–1466.

Mackevicius, E. L., Best, M. D., Saal, H. P., & Bensmaia, S. J. (2012). Millisecond precision spike timing shapes tactile perception. *The Journal of neuroscience : the official journal of the Society for Neuroscience*, 32(44), 15309–15317.

Maior, A.S.; Alves, A. (2003). A contribuição dos fatores neurais em fases iniciais do treinamento de força muscular: uma revisão bibliográfica. *Motriz, Rio Claro*, v.9, n.3, p.161-168.

Marin M.J.S., Castilho N.C., Myazato J.M., Ribeiro P.C., Candido D.V. (2007). Características dos riscos para quedas entre idosos de uma unidade de saúde da família. *REME Rev Min Enferm*, 11(4):369-74.

Marmeleira, J. F., Pereira, C., Cruz-Ferreira, A., Fretes, V., Pisco, R., & Fernandes, O. M. (2009). Creative dance can enhance proprioception in older adults. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 49(4), 480–485.

Martínez-Velilla, N., Valenzuela, P. L., Sáez de Asteasu, M. L., Zambom-Ferraresi, F., Ramírez-Vélez, R., García-Hermoso, A., Librero-López, J., Gorricho, J., Pérez, F. E., Lucia, A., & Izquierdo, M. (2021). Effects of a Tailored Exercise Intervention in Acutely Hospitalized Oldest Old Diabetic Adults: An Ancillary Analysis. *The Journal of clinical endocrinology and metabolism*, 106(2), e899–e906.

Mast, F. W., Preuss, N., Hartmann, M., & Grabherr, L. (2014). Spatial cognition, body representation and affective processes: the role of vestibular information beyond ocular reflexes and control of posture. *Frontiers in integrative neuroscience*, 8, 44.

McCullagh, R., O'Connell, E., O'Meara, S., Dahly, D., O'Reilly, E., O'Connor, K., Horgan, N. F., & Timmons, S. (2020). Augmented exercise in hospital improves physical performance and reduces negative post hospitalization events: a randomized controlled trial. *BMC geriatrics*, 20(1), 46.

Mello, R. G., de Oliveira, L. F., & Nadal, J. (2010). Effects of maximal oxygen uptake test and prolonged cycle ergometer exercise on the quiet standing control. *Gait & posture*, 32(2), 220–225.

Memória, A. K. U. B. , Pessoa, A. B., Cardoso, J. M. , Meireles, F. M. M., Nascimento, P. R. M. do, Duarte, D. M., Souza, N. S. de, Martins, A. C. G. , Teixeira, S., Orsini, M., Machado, D., Gouveia, G. P. M., Bastos, V. (2016). Use of instruments for the investigation of postural balance in functional tasks. *Fisioter Bras*, 17(6):585-95.

Moore J. C. (1984). The Golgi tendon organ: a review and update. *The American journal of occupational therapy: official publication of the American Occupational Therapy Association*, 38(4), 227–236.

Morasso, P. G., Baratto, L., Capra, R., & Spada, G. (1999). Internal models in the control of posture. *Neural networks: the official journal of the International Neural Network Society*, 12(7-8), 1173–1180.

Morton, N. A., Keating, J. L., Berlowitz, D. J., Jackson, B., & Lim, W. K. (2007). Additional exercise does not change hospital or patient outcomes in older medical patients: a controlled clinical trial. *The Australian journal of physiotherapy*, 53(2), 105–111.

Muller M. (2020). Mechanical aspects of the semicircular ducts in the vestibular system. *Biological cybernetics*, 114(4-5), 421–442.

Muller, M., & Verhagen, J. H. (1988). A new quantitative model of total endolymph flow in the system of semicircular ducts. *Journal of theoretical biology*, 134(4), 473–501.

Muniak, M. A., Ray, S., Hsiao, S. S., Dammann, J. F., & Bensmaia, S. J. (2007). The neural coding of stimulus intensity: linking the population response of mechanoreceptive afferents

with psychophysical behavior. *The Journal of neuroscience : the official journal of the Society for Neuroscience*, 27(43), 11687–11699.

Nascimento, L. C. G. do, Patrizzi, L. J., & Oliveira, C. C. E. S. (2012). Efeito de quatro semanas de treinamento proprioceptivo no equilíbrio postural de idosos. *Fisioterapia em Movimento*, 25(2), 325-331.

Nashner, L. M., Shupert, C. L., Horak, F. B., & Black, F. O. (1989). Organization of posture controls: an analysis of sensory and mechanical constraints. *Progress in brain research*, 80, 411–397.

Nogueira, W., Gentil, P., Mello, S. N., Oliveira, R. J., Bezerra, A. J., & Bottaro, M. (2009). Effects of power training on muscle thickness of older men. *International journal of sports medicine*, 30(3), 200–204.

Olsson, L., Lund, H., Henriksen, M., Rogind, H., Bliddal, H. e Danneskiold-Samsøe, B. (2004). Test–retest reliability of a knee joint position sense measurement method in sitting and prone position. *Advances in Physiotherapy*, 6(1), 37-47.

Orssatto, L., Bezerra, E. S., Shield, A. J., & Trajano, G. S. (2020). Is power training effective to produce muscle hypertrophy in older adults? A systematic review and meta-analysis. *Applied physiology, nutrition, and metabolism = Physiologie appliquee, nutrition et metabolisme*, 45(9), 1031–1040.

Ortiz-Alonso, J., Bustamante-Ara, N., Valenzuela, P. L., Vidán-Astiz, M., Rodríguez-Romo, G., Mayordomo-Cava, J., Javier-González, M., Hidalgo-Gamarra, M., López-Tatis, M., Valades-Malagón, M. I., Santos-Lozano, A., Lucia, A., & Serra-Rexach, J. A. (2020). Effect of a Simple Exercise Program on Hospitalization-Associated Disability in Older Patients: A Randomized Controlled Trial. *Journal of the American Medical Directors Association*, 21(4), 531–537.e1.

Paddan, G. S., & Griffin, M. J. (1988). The transmission of translational seat vibration to the head--II. Horizontal seat vibration. *Journal of biomechanics*, 21(3), 199–206.

Park, S., Horak, F. B., & Kuo, A. D. (2004). Postural feedback responses scale with biomechanical constraints in human standing. *Experimental brain research*, 154(4), 417–427.

- Pasluosta, C., Kiele, P., & Stieglitz, T. (2018). Paradigms for restoration of somatosensory feedback via stimulation of the peripheral nervous system. *Clinical neurophysiology : official journal of the International Federation of Clinical Neurophysiology*, 129(4), 851–862.
- Peterka R. J. (2002). Sensorimotor integration in human postural control. *Journal of neurophysiology*, 88(3), 1097–1118.
- Poulos, D. A., Mei, J., Horch, K. W., Tuckett, R. P., Wei, J. Y., Cornwall, M. C., & Burgess, P. R. (1984). The neural signal for the intensity of a tactile stimulus. *The Journal of neuroscience : the official journal of the Society for Neuroscience*, 4(8), 2016–2024.
- Proske, U., & Gandevia, S. C. (2012). The proprioceptive senses: their roles in signaling body shape, body position and movement, and muscle force. *Physiological reviews*, 92(4), 1651–1697.
- Proske, U., & Gandevia, S. C. (2012). The proprioceptive senses: their roles in signaling body shape, body position and movement, and muscle force. *Physiological reviews*, 92(4), 1651–1697.
- Raymond, M. J., Jeffs, K. J., Winter, A., Soh, S. E., Hunter, P., & Holland, A. E. (2017). The effects of a high-intensity functional exercise group on clinical outcomes in hospitalised older adults: an assessor-blinded, randomised-controlled trial. *Age and ageing*, 46(2), 208–213.
- Redfern, M. S., Yardley, L., & Bronstein, A. M. (2001). Visual influences on balance. *Journal of anxiety disorders*, 15(1-2), 81–94.
- Ribeiro, F. e Oliveira, J. (2008). Efeito da fadiga muscular local na propriocepção do joelho. *Fisioterapia em Movimento*, 21(2), 71-83.
- Ribeiro, F., & Oliveira, J. (2010). Effect of physical exercise and age on knee joint position sense. *Archives of gerontology and geriatrics*, 51(1), 64–67.
- Riemann, B. L., & Lephart, S. M. (2002). The sensorimotor system, part I: the physiologic basis of functional joint stability. *Journal of athletic training*, 37(1), 71–79.
- Rinaudo, C. N., Schubert, M. C., Figtree, W., Todd, C. J., & Migliaccio, A. A. (2019). Human vestibulo-ocular reflex adaptation is frequency selective. *Journal of neurophysiology*, 122(3), 984–993.

Riva, D., Fani, M., Benedetti, M. G., Scarsini, A., Rocca, F., & Mamo, C. (2019). Effects of High-Frequency Proprioceptive Training on Single Stance Stability in Older Adults: Implications for Fall Prevention. *BioMed research international*, 2019, 2382747.

Riva, D., Mamo, C., Fani, M., Saccavino, P., Rocca, F., Momenté, M., & Fratta, M. (2013). Single stance stability and proprioceptive control in older adults living at home: gender and age differences. *Journal of aging research*, 2013, 561695.

Rougier, P., Burdet, C., Farenc, I., & Berger, L. (2001). Backward and forward leaning postures modelled by an fBm framework. *Neuroscience research*, 41(1), 41–50.

Rubenstein, L. Z., & Josephson, K. R. (2002). The epidemiology of falls and syncope. *Clinics in geriatric medicine*, 18(2), 141–158.

Rüsch, A., & Thurm, U. (1990). Spontaneous and electrically induced movements of ampullary kinocilia and stereovilli. *Hearing research*, 48(3), 247–263.

Sadeghi, H., Hakim, M. N., Hamid, T. A., Amri, S. B., Razeghi, M., Farazdaghi, M., & Shakoor, E. (2017). The effect of exergaming on knee proprioception in older men: A randomized controlled trial. *Archives of gerontology and geriatrics*, 69, 144–150.

Sáez de Asteasu, M. L., Martínez-Velilla, N., Zambom-Ferraresi, F., Ramírez-Vélez, R., García-Hermoso, A., Cadore, E. L., Casas-Herrero, Á., Galbete, A., & Izquierdo, M. (2020). Changes in muscle power after usual care or early structured exercise intervention in acutely hospitalized older adults. *Journal of cachexia, sarcopenia and muscle*, 11(4), 997–1006.

Sáez de Asteasu, M. L., Martínez-Velilla, N., Zambom-Ferraresi, F., Casas-Herrero, Á., Lucía, A., Galbete, A., & Izquierdo, M. (2019). Physical Exercise Improves Function in Acutely Hospitalized Older Patients: Secondary Analysis of a Randomized Clinical Trial. *Journal of the American Medical Directors Association*, 20(7), 866–873.

Sasaki, O., Usami, S., Gagey, P. M., Martinerie, J., Le Van Quyen, M., & Arranz, P. (2002). Role of visual input in nonlinear postural control system. *Experimental brain research*, 147(1), 1–7.

Schoene, D., Lord, S. R., Delbaere, K., Severino, C., Davies, T. A., & Smith, S. T. (2013). A randomized controlled pilot study of home-based step training in older people using videogame technology. *PloS one*, 8(3), e57734.

Sekir, U., & Gür, H. (2005). A multi-station proprioceptive exercise program in patients with bilateral knee osteoarthritis: functional capacity, pain and sensorimotor function. A randomized controlled trial. *Journal of sports science & medicine*, 4(4), 590–603.

Shaffer, S. W., & Harrison, A. L. (2007). Aging of the somatosensory system: a translational perspective. *Physical therapy*, 87(2), 193–207.

Sherrington CS. (1911). *The Interactive Action of the Nervous System*. New Haven, CT: Yale University Press.

Sherrington, C., Fairhall, N. J., Wallbank, G. K., Tiedemann, A., Michaleff, Z. A., Howard, K., Clemson, L., Hopewell, S., & Lamb, S. E. (2019). Exercise for preventing falls in older people living in the community. *The Cochrane database of systematic reviews*, 1(1), CD012424.

Sousa, L. M., Marques-Vieira, C. M., Caldevilla, M. N., Henriques, C. M., Severino, S. S., & Caldeira, S. M. (2017). Risk for falls among community-dwelling older people: systematic literature review. Risco de quedas em idosos residentes na comunidade: revisão sistemática da literatura. *Revista gaucha de enfermagem*, 37(4), e55030.

Sousa, N., & Sampaio, J. (2005). Effects of progressive strength training on the performance of the Functional Reach Test and the Timed Get-Up-and-Go Test in an elderly population from the rural north of Portugal. *American journal of human biology : the official journal of the Human Biology Council*, 17(6), 746–751.

Sousa, N., Mendes, R., Silva, A., and Oliveira, J. (2017). Combined exercise is more effective than aerobic exercise in the improvement of fall risk factors: a randomized controlled trial in community-dwelling older men. *Clin. Rehabil.* 31, 478–486.

Spiriduso, W. W. (2005). *Dimensões Físicas do Envelhecimento*. 1. ed., São Paulo: *Manole*.

Tallon, G., Blain, H., Seigle, B., Bernard, P. L., & Ramdani, S. (2013). Dynamical and stabilometric measures are complementary for the characterization of postural fluctuations in older women. *Gait & posture*, 38(1), 92–96.

Thomas, E., Battaglia, G., Patti, A., Brusa, J., Leonardi, V., Palma, A., & Bellafiore, M. (2019). Physical activity programs for balance and fall prevention in elderly: A systematic review. *Medicine*, 98(27), e16218.

Tinetti M. E. (2003). Clinical practice. Preventing falls in elderly persons. *The New England journal of medicine*, 348(1), 42–49.

Tossavainen, T., Juhola, M., Pyykkö, I., Aalto, H., & Toppila, E. (2003). Development of virtual reality stimuli for force platform posturography. *International journal of medical informatics*, 70(2-3), 277–283.

Treml, Cleiton José, Kalil Filho, Faruk Abrão, Ciccarino, Renata Franco Leite, Wegner, Rosemari Sandra, Saita, Cleize Yoko de Souza, & Corrêa, Aline Geronasso. (2013). O uso da plataforma Balance Board como recurso fisioterápico em idosos. *Revista Brasileira de Geriatria e Gerontologia*, 16(4), 759-768.

Valentinuzzi M. (1967). An analysis of the mechanical forces in each semicircular canal of the cat under single and combined rotations. *The Bulletin of mathematical biophysics*, 29(2), 267–289.

van Beers, R. J., Sittig, A. C., & Denier van der Gon, J. J. (1996). How humans combine simultaneous proprioceptive and visual position information. *Experimental brain research*, 111(2), 253–261.

van Beers, R. J., Sittig, A. C., & Gon, J. J. (1999). Integration of proprioceptive and visual position-information: An experimentally supported model. *Journal of neurophysiology*, 81(3), 1355–1364.

van Beers, R. J., Wolpert, D. M., & Haggard, P. (2002). When feeling is more important than seeing in sensorimotor adaptation. *Current biology : CB*, 12(10), 834–837.

- van Diest, M., Lamoth, C. J., Stegenga, J., Verkerke, G. J., & Postema, K. (2013). Exergaming for balance training of elderly: state of the art and future developments. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, *10*, 101.
- Van Egmond, A. A., Groen, J. J., & Jongkees, L. B. (1949). The mechanics of the semicircular canal. *The Journal of physiology*, *110*(1-2), 1–17.
- Vidal PP, Cullen K, Curthoys IS, Du Lac S, Holstein G, Idoux E, Lysakowski A, Peusner K, Smith PF. (2014) The vestibular system. In: *The Rat Nervous System* (4th ed.), edited by Paxinos G. San Diego, CA: Academic , chapt. 28, p. 805–864.
- Wang, E., Nyberg, S. K., Hoff, J., Zhao, J., Leivseth, G., Tørhaug, T., Husby, O. S., Helgerud, J., & Richardson, R. S. (2017). Impact of maximal strength training on work efficiency and muscle fiber type in the elderly: Implications for physical function and fall prevention. *Experimental gerontology*, *91*, 64–71.
- Wang, J., & Sainburg, R. L. (2006). Interlimb transfer of visuomotor rotations depends on handedness. *Experimental brain research*, *175*(2), 223–230.
- Wang, S. Y., & Wollin, J. (2004). Falls among older people: identifying those at risk. *Nursing older people*, *15*(10), 14–16.
- Winter, D. A., Patla, A. E., Prince, F., Ishac, M., & Gielo-Perczak, K. (1998). Stiffness control of balance in quiet standing. *Journal of neurophysiology*, *80*(3), 1211–1221.
- Winter, D. A., Patla, A. E., Rietdyk, S., & Ishac, M. G. (2001). Ankle muscle stiffness in the control of balance during quiet standing. *Journal of neurophysiology*, *85*(6), 2630–2633.
- Yardley, L.; Smith, H. (2002) A prospective study of the relationship between feared consequences of falling and avoidance of activity in community- living older people. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, v. 31, n. 7, p. 1027–1050.
- Zheng, J., Pan, Y., Hua, Y., Shen, H., Wang, X., Zhang, Y., Fan, Y., & Yu, Z. (2013). Strategic targeted exercise for preventing falls in elderly people. *The Journal of international medical research*, *41*(2), 418–426.

Zhuang, J., Huang, L., Wu, Y., and Zhang, Y. (2014). The effectiveness of a combined exercise intervention on physical fitness factors related to falls in community-dwelling older adult. *Clin. Interv. Aging* 9, 131–140.

Zimny M. L. (1988). Mechanoreceptors in articular tissues. *The American journal of anatomy*, 182(1), 16–32.

Zou, L., Han, J., Li, C., Yeung, A. S., Hui, S. S., Tsang, W., Ren, Z., & Wang, L. (2019). Effects of Tai Chi on Lower Limb Proprioception in Adults Aged Over 55: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 100(6), 1102–1113.

## IX. ANEXOS

### Anexo 1 – Parecer do Comitê de Ética

| LISTA DE PROJETOS DE PESQUISA: |                      |          |                                  |   |               |          |                    |            |
|--------------------------------|----------------------|----------|----------------------------------|---|---------------|----------|--------------------|------------|
| Tipo ↕                         | CAAE ↕               | Versão ↕ | Pesquisador Responsável ↕        | Comitê de Ética ↕                             | Instituição ↕ | Origem ↕ | Última Avaliação ↕ | Situação ↕ |
| P                              | 27657220.9.0000.8066 | 3        | IVELIZE ALBUQUERQUE SILVA FREIRE | 8066 - Hospital Federal Cardoso Fontes - HFCF |               | PO       | PO                 | Aprovado   |

## Anexo 2 – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Você está convidado a participar como voluntário (a) da pesquisa **“EFECTIVIDADE DE UM PROGRAMA DE EXERCÍCIOS SENSORIOMOTORES NA PROPRIOCEPÇÃO, EQUILÍBRIO, FORÇA MUSCULAR, MOBILIDADE FUNCIONAL E RISCO DE QUEDAS EM IDOSOS”**, a ser realizada na Instituição Maria de Nazareth Casa da Mãe Pobre, localizada na rua Apolônia Pinto, n. 97, Tanque e na Instituição Lar Mãe Ritinha, localizada na rua Caobi, n. 107, Irajá, ambas na cidade do Rio de Janeiro, em horários e dias agendados e combinados por ambas as partes. O Objetivo da pesquisa é verificar os resultados de uma intervenção fisioterapêutica após doze semanas de exercícios especializados e supervisionados, que possam atuar na prevenção de quedas e acidentes, assim como oferecer qualidade de vida e retorno às suas atividades de vida diária.

Sua participação será muito importante e não-obrigatória. Em caso de desistência, recusa ou retirada do consentimento, não haverá nenhum prejuízo ou consequência negativa a você. Informamos, ainda, que sua identidade será totalmente preservada e que os dados obtidos serão divulgados em âmbito coletivo, em absoluto sigilo e imparcialidade de quem obteve os resultados.

Esclarecemos que para participar não haverá custo ou remuneração e que os riscos da intervenção fisioterapêutica são leves considerando a possibilidade de quedas, desconforto ou dor não maiores do que as possibilidades já vivenciadas por você em suas atividades de vida diária e que os riscos serão minimizados através da qualificação profissional do pesquisador, interrupção da sessão em caso de necessidade e avaliação criteriosa para inclusão do participante à pesquisa.

Com relação aos benefícios, a pesquisadora disponibilizará de atendimentos fisioterapêuticos gratuitos considerando a particularidade de cada indivíduo com suas evoluções gradativas, além de melhorias provocadas pelo treino de fortalecimento muscular e treino sensoriomotor. A importância dos protocolos fisioterapêuticos apresentados e o conhecimento adquirido também serão benefícios esperados com esta pesquisa provenientes de sua colaboração.

A aplicação dos instrumentos para a coleta de dados será realizada em um ambiente seguro, silencioso e iluminado para que não atrapalhe a formulação das respostas a serem fornecidas por você diante das escalas apresentadas e lidas pela pesquisadora. Estas escalas são: Falls Efficacy Scale - International (FES-I) e Activities-specific Balance

Confidente (ABC) Scale. Para a execução dos testes: Short Physical Performance Battery (SPPB) e Timed Up and Go (TUG) você receberá, antes de executar os testes, instruções da pesquisadora para compreender e aprender como realizá-los. No SPPB você o realizará em três fases: equilíbrio, velocidade da caminhada e o sentar-se e levantar-se da cadeira por cinco repetições a executar. Já no TUG, você sairá de uma cadeira, caminhará um percurso de 3 metros e voltará ao assento.

Você fará, ainda, movimentos nos membros inferiores até específicas angulações (20° e 45°), de olhos vendados, que serão registrados em forma de filmagem como dados avaliativos que serão comparados antes e depois das 12 semanas de atendimento fisioterapêutico, assim como nova avaliação que será refeita 6 meses após o término da sua última sessão.

Também será aferido a sua força muscular através de um esfigmomanômetro adaptado nos movimentos de flexão e extensão de ambos os joelhos em posição sentada, adução e abdução dos membros inferiores em posição deitada.

Caso você concorde em participar após leitura deste documento, deve assinar estas duas vias: uma ficará aos seus cuidados e a outra, com a pesquisadora. Segue, telefone e endereço da pesquisadora responsável que pode ser acionada para melhores esclarecimentos em caso do surgimento de dúvidas ou questionamentos.

Contatos da pesquisadora responsável: Ivelize Albuquerque Silva Freire CREFITO: 144590-F. E-mail: [39280@ufp.edu.pt](mailto:39280@ufp.edu.pt) . Telefone: (21) 96767.4193. Endereço: Rua São Salvador, 59, 710, CEP: 22231-130, Rio de Janeiro – RJ, Brasil.

Contatos do Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital Federal Cardoso Fontes: E-mail: [cephfcf@hgfj.rj.saude.gov.br](mailto:cephfcf@hgfj.rj.saude.gov.br) . Telefone (21)2425-2255.


Declaro que compreendi os objetivos, riscos e benefícios de minha participação na pesquisa concordando em participar por livre e espontânea vontade.

Rio de Janeiro, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_.

Assinatura do participante: \_\_\_\_\_

Assinatura da pesquisadora: \_\_\_\_\_

### Anexo 3 – Cartas de Anuência

 **Instituição Maria de Nazareth - "Casa da Mãe Pobre"**  
"Lares SYLVIA PENTEADO ANTUNES e LUCÍLIO RIBEIRO TORRES"  
Rua Apolônia Pinto, 97 – Tanque – Jacarepaguá - CEP: 22735-290 Tel.: 3392-4304 99937-6992  
CNPJ: 33.311.291/0007-83 - www.casadamaepobre.org - asilocasadamaepobre@gmail.com

---

**CARTA DE ANUÊNCIA**

Declaramos para os devidos fins, que aceitaremos a pesquisadora Ivelize Albuquerque Silva Freire, a desenvolver o seu projeto de pesquisa "EFECTIVIDADE DE UM PROGRAMA DE EXERCÍCIOS SENSORIOMOTORES NA PROPRIOCEPÇÃO, EQUILÍBRIO, FORÇA MUSCULAR, MOBILIDADE FUNCIONAL E RISCO DE QUEDAS EM IDOSOS", que está sob a coordenação/orientação do Professor Adérito Ricardo Duarte Seixas atuante na Universidade Fernando Pessoa, Porto, Portugal, cujo objetivo é buscar uma intervenção fisioterapêutica que proporcione maior qualidade de vida ao idoso, diminuição de quedas e comorbidades associadas, assim como avaliar a efetividade do treino sensoriomotor aplicado em idosos no senso de posição articular, equilíbrio, força muscular, mobilidade funcional e risco de quedas, na Instituição Maria de Nazareth – Casa da Mãe Pobre..

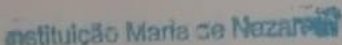
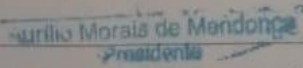
Esta autorização está condicionada ao cumprimento da pesquisadora aos requisitos das Resoluções do Conselho Nacional de Saúde e suas complementares, comprometendo-se utilizar os dados pessoais dos participantes da pesquisa, exclusivamente para os fins científicos, mantendo o sigilo e garantindo a não utilização das informações em prejuízo das pessoas e/ou das comunidades.

Antes de iniciar a coleta de dados a pesquisadora deverá apresentar a esta Instituição o Parecer Consubstanciado devidamente aprovado, emitido por Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos, credenciado ao Sistema CEP/CONEP.

Declaro, também, conhecer e cumprir a Resolução 466/2012 do CNS; afirmo o compromisso institucional de apoiar o desenvolvimento deste estudo; e sinalizo que esta instituição está ciente de suas responsabilidades, de seu compromisso no resguardo da segurança/bem-estar dos sujeitos da pesquisa nela recrutados, dispondo de infraestrutura necessária para a garantia de tais condições.

Rio de Janeiro, em 05 / Maio / 2020

Lucilio Moraes de Mendonça

Sede: Rua Frei Pinto, 81 – Rocha – Rio de Janeiro Cep:20950-140 CNPJ: 33.311.291/0001-98



**C.E.J.M**

**Centro Espírita Joaquim Murinho**

**Mantenedor do Lar Mãe Ritinha**

**Rua Caobi, 107 – Irajá – Rio de Janeiro – RJ**

**CEP: 21361-470 Tel.: (21) 3351-6825/ CNPJ: 27.113.026/0001-00**

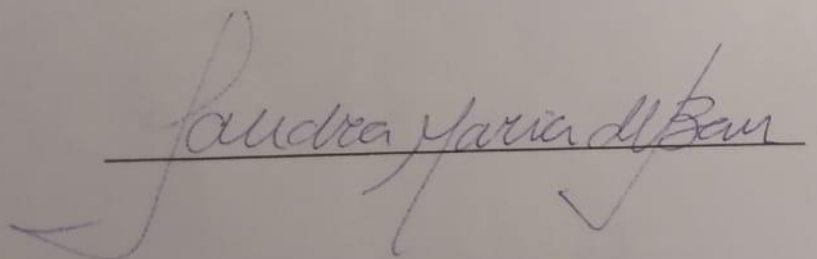
Declaramos para devidos fins que aceitaremos a pesquisadora *Ivelise Albuquerque Silva Freire*, a desenvolver o seu projeto de pesquisa "EFECTIVIDADE DE UM PROGRAMA DE EXERCÍCIOS SENSORIOMOTORES NA PROPRIOCEPÇÃO, EQUILÍBRIO, FORÇA MUSCULAR, MOBILIDADE FUNCIONAL E RISCO DE QUEDAS EM IDOSOS", que esta sob a coordenação/orientação do professor *Aderito Ricardo Duarte Seixas* atuante na Universidade Fernando Pessoa, Porto, Portugal, cujo objetivo e buscar uma intervenção fisioterapêutica que proporcione maior qualidade de vida ao idoso, diminuição de quedas e comorbidades associadas, assim como avaliar a efetividade do treino sensoriomotor aplicado e risco de quedas, no CEJM/Lar Mãe Ritinha, locada na rua Caobi nº107 Irajá, Rio de Janeiro, Brasil.

Esta autorização esta condicionada ao cumprimento da pesquisa aos requisitos das resoluções do Conselho Nacional de Saúde e suas complementares comprometendo-se utilizar os dados pessoais dos participantes da pesquisa, exclusivamente para os fins científicos, mantendo o sigilo e garantindo a não utilização das informações em prejuízo das pessoas e/ou das comunidades. Antes de iniciar a coleta de dados a pesquisadora devera apresentar a esta instituição o parecer Consubstanciado devidamente aprovado, emitido por Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos, credenciado ao Sistema CEP/CONEP.

Declaro, também, conhecer e cumprir a resolução 466/2012 do CNS; afirmo o compromisso institucional de apoiar o desenvolvimento deste estudo; sinalizo que esta instituição esta ciente de suas responsabilidades, de seu compromisso no resguardo da segurança/bem estar dos sujeitos da pesquisa nela recrutados, dispondo de infraestrutura necessária para garantia de tais condições.

Declaro também que essa pesquisa e unicamente científica sem fins lucrativos para a pesquisadora e para instituição.

Rio de Janeiro, 10.03.2020.

  
Sandra Maria de Barros

## Anexo 4 – Termo de Compromisso e Confidencialidade

### ANEXO II

#### TERMO DE COMPROMISSO E CONFIDENCIALIDADE

**Título do projeto: “Efectividade de um programa de exercícios sensoriomotores na propriocepção, equilíbrio, força muscular, mobilidade funcional e risco de quedas em idosos”**

**Pesquisador responsável: Ivelize Albuquerque Silva Freire**

**Instituição/Departamento de origem do pesquisador: Universidade Fernando Pessoa**

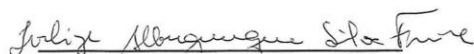
**Telefone para contato: (21) 96767.4193**

**E-mail: ivelize\_albuq@hotmail.com**

O pesquisador do projeto acima identificado assume o compromisso de:

- Garantir que a pesquisa só será iniciada após a avaliação e aprovação à Plataforma Brasil – Plataforma Nacional de Comitê de Ética em Pesquisa e Seres Humanos e que os dados coletados serão armazenados pelo período mínimo de 5 anos após o término da pesquisa;
- Preservar o sigilo e a privacidade dos voluntários cujos dados serão estudados e divulgados apenas em eventos ou publicações científicas, de forma anônima, não sendo usadas iniciais ou quaisquer outras indicações que possam identificá-los;
- Garantir o sigilo relativo às propriedades intelectuais e patentes industriais, além do devido respeito à dignidade humana;
- Garantir que os benefícios resultantes do projeto retornem aos participantes da pesquisa, seja em termos de retorno social, acesso aos procedimentos, produtos ou agentes da pesquisa;
- Assegurar que os resultados da pesquisa serão anexados na Plataforma Brasil, sob a forma de Relatórios Parciais e Final da pesquisa;

Rio de Janeiro, .....<sup>18</sup> de fevereiro de 20.....<sup>20</sup>



**Pesquisadora Responsável**

## Anexo 5 – Termo de Compromisso de Financiamento e Orçamentação

### ANEXO III

#### TERMO DE COMPROMISSO DE FINANCIAMENTO E ORÇAMENTAÇÃO

**Título do projeto: “Efectividade de um programa de exercícios sensoriomotores na propriocepção, equilíbrio, força muscular, mobilidade funcional e risco de quedas em idosos”**

**Pesquisador responsável: Ivelize Albuquerque Silva Freire**

**Instituição/Departamento de origem do pesquisador: Universidade Fernando Pessoa**

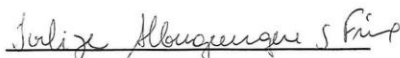
**Telefone para contato: (21) 96767.4193**

**E-mail: ivelize\_albuq@hotmail.com**

Declaro estar ciente e que:

- Não deve haver pagamento ao participante da pesquisa para sua participação, ressalvadas as pesquisas clínicas de Fase I ou de bioequivalência; e que se admite apenas o ressarcimento de despesas relacionadas à participação no estudo, por exemplo, despesas com transporte e alimentação.
- Nenhum exame ou procedimento realizado em função da pesquisa pode ser cobrado do paciente ou do agente pagador de sua assistência, devendo o patrocinador da pesquisa cobrir tais despesas.
- O duplo pagamento pelos procedimentos não pode ocorrer, especialmente envolvendo gasto público não autorizado (pelo SUS).
- O estabelecimento dos pagamentos de exame e/ou procedimento realizados em função da pesquisa, em caso de patrocinadores externos, deve ser feito em comum acordo entre o patrocinador e a instituição.
- A Instituição deve ter conhecimento da pesquisa e de suas repercussões orçamentárias.
- O pagamento do pesquisador nunca pode ser de tal monta que o induza a alterar a relação risco/benefício para os participantes da pesquisa.
- A remuneração do pesquisador deve constar como item específico de despesa no orçamento da pesquisa.

Rio de Janeiro, .....<sup>18</sup> de .....<sup>junho</sup> de 20.....<sup>20</sup>



**Pesquisadora Responsável**