



**PROGRAMA**  
DE CIÊNCIAS  
DA REABILITAÇÃO

CENTRO UNIVERSITÁRIO AUGUSTO MOTTA

Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ciências da Reabilitação

Mestrado Acadêmico em Ciências da Reabilitação

**PAOLA PEIXOTO DOS SANTOS**

**MODULAÇÃO DO DESLOCAMENTO CORPORAL APÓS  
EXPOSIÇÃO À ALTURA VIRTUAL EM IDOSOS COM DIFERENTES  
NÍVEIS DE MEDO DE QUEDAS: UM ESTUDO OBSERVACIONAL  
TRANSVERSAL**

RIO DE JANEIRO

2023

FICHA CATALOGRÁFICA  
Elaborada pelo Sistema de Bibliotecas  
e Informação – SBI – UNISUAM

612.76 Santos, Paola Peixoto dos.  
S237m Modulação do deslocamento corporal após exposição à altura virtual em idosos com diferentes níveis de medo de quedas: um estudo observacional transversal / Paola Peixoto dos Santos. – Rio de Janeiro, 2023.  
87 p.

Dissertação (Mestrado em Ciências da Reabilitação) - Centro  
Universitário Augusto Motta, 2023.

1. Equilíbrio postural. 2. Idoso – Avaliação. 3. Realidade virtual.  
4. Acidentes por quedas. I. Título.

CDD 22.ed.

PAOLA PEIXOTO DOS SANTOS

MODULAÇÃO DO DESLOCAMENTO CORPORAL APÓS  
EXPOSIÇÃO À ALTURA VIRTUAL EM IDOSOS COM DIFERENTES  
NÍVEIS DE MEDO DE QUEDAS: UM ESTUDO OBSERVACIONAL  
TRANSVERSAL

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação, do Centro Universitário Augusto Motta, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências da Reabilitação.

**Linha de Pesquisa:** Avaliação Funcional em Reabilitação

**Orientador:** Thiago Lemos de Carvalho

RIO DE JANEIRO

2023

PAOLA PEIXOTO DOS SANTOS

MODULAÇÃO DO DESLOCAMENTO CORPORAL APÓS EXPOSIÇÃO À  
ALTURA VIRTUAL EM IDOSOS COM DIFERENTES NÍVEIS DE MEDO DE  
QUEDAS: UM ESTUDO OBSERVACIONAL TRANSVERSAL

Examinada em: 08 / 05 / 2023



---

Prof. Dr. Thiago Lemos de Carvalho (orientador)  
Centro Universitário Augusto Motta – UNISUAM



---

Profa. Dra. Laura Alice Santos de Oliveira (membro interno)  
Centro Universitário Augusto Motta – UNISUAM



---

Profa. Dra. Jéssica Maria Ribeiro Bacha (membro externo)  
Instituto Israelita de Ensino e Pesquisa Albert Einstein – IIEPAE

RIO DE JANEIRO  
2023

Ao meu pai, *in memoriam*, e a minha mãe pelos ensinamentos nessa vida. Aos meus amados filhos Simon, Chantek, Blanche e Luck e a minha grande amiga Luciane de Medeiros que me confortaram, ajudaram e incentivaram durante o desenvolvimento desta pesquisa.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus por todas as oportunidades e conquistas possibilitadas até aqui.

Aos amores da minha vida Blanche, Chantek, Simon e Luck por todo o carinho dispensado sempre e pela paciência nos meus momentos de ausência.

A minha amiga Luciane de Medeiros Batista, que mesmo não sendo catedrática em Ciências da Reabilitação, auxiliou-me imensa e sensivelmente nos momentos mais desesperadores no cumprimento deste trabalho, apoiando-me imensamente como bioestatística, epidemiologista, revisora, crítica, conselheira, incentivadora e psicóloga mostrando-me, mais uma vez, que a luz em meio à escuridão pode ser a disposição e apoio de uma grande amiga.

A minha mãe Maria Nazaré, minha irmã Gigliola e minha tia Sônia que participaram com engajamento para que a parte prática deste trabalho fosse concluída em meio às adversidades encontradas.

Aos idosos participantes por todo o carinho, boa vontade, alegria e disposição em contribuir com os objetivos desta pesquisa, entendendo a importância de suas presenças para o meu estudo e para a fisioterapia na área de gerontologia.

À Jéssica Maria Ribeiro Bacha que apresentou-me novas aprendizagens na área fisioterapêutica, inspirando-me com sua dedicação, respeito, responsabilidade ao exercer com tamanha maestria a profissão de fisioterapeuta e professora e, ainda, mostrando-me que o impossível só se torna impossível, quando você deixa de acreditar que o impossível pode se tornar possível.

A minha colega de curso, Daniele, com quem tive momentos de troca, de desabafo e de quem recebi palavras de conforto no decorrer do desenvolvimento da dissertação.

Ao meu orientador Thiago Lemos de Carvalho pelas instruções ao longo do curso, sugestões de artigos e grande apoio durante a coleta dos dados dos participantes no laboratório. E a todos os professores do programa de mestrado da UNISUAM, que dentro de suas disciplinas possibilitaram-me novos conhecimentos para o desenvolvimento de cada etapa deste trabalho.



“É preciso que eu suporte duas ou três  
larvas se quiser conhecer as borboletas”.  
Antoine de Saint-Exupéry

## RESUMO

**Introdução:** A população idosa cresce aceleradamente em todo o mundo, e as alterações que englobam aspectos biológicos, sociais e psicológicos que caracterizam essa fase da vida podem evoluir para declínios cognitivos e sensório-motores, culminando principalmente em maior risco de quedas. A realidade virtual imersiva (RVI) é uma ferramenta que vem sendo utilizada na área da fisioterapia para fins avaliativos, preventivos e de reabilitação proporcionando experiências realísticas em ambientes seguros e controlados, e foi utilizada nesta pesquisa para investigar se a experiência virtual de grandes alturas influencia o controle de equilíbrio postural de idosos com diferentes graus de medo de queda, tendo em vista os diferentes resultados registrados na literatura sobre a influência do agente estressor altura sobre o controle de equilíbrio corporal em diferentes populações, exceto na de idosos. **Objetivos:** Investigar se há diferenças na modulação da oscilação corporal de idosos com níveis variados de medo de quedas após a exposição à altura virtual. **Métodos:** Treze idosos foram incluídos neste estudo piloto de aplicabilidade do tipo observacional transversal, descritivo-analítico. Um *head mounted display* (HMD) de realidade virtual (RV) foi usado para exposição à altura virtual. A oscilação corporal foi registrada com um acelerômetro embutido em um *smartphone* posicionado na região lombar dos participantes, antes e depois de ficarem virtualmente em pé sobre uma prancha de madeira a 80 andares de altura. O medo de cair foi acessado com o instrumento *Falls Efficacy Scale-International* (FES-I)-Brasil. **Resultados:** Houve um aumento geral na oscilação após a exposição à altura virtual (ANOVA's  $P < 0.038$ ,  $\eta^2 > 0.114$ ), independentemente do nível do medo de quedas ( $P > 0.114$ ). Não houve correlação entre as medidas de oscilação corporal e os escores do FES-I-Brasil (análise de Pearson  $P > 0,089$ ). **Conclusão:** A exposição à altura com HMD de RV modificou a oscilação corporal de idosos, independentemente de seus níveis de medo de cair, sugerindo que este tipo de exposição pode ser usado para avaliação clínica fisioterapêutica e acompanhamento do desempenho dos sistemas de controle de equilíbrio em programas de reabilitação e prevenção de quedas na população idosa.

**Palavras-chave:** Controle de equilíbrio; Idoso; Medo de cair; Realidade virtual; Avaliação.

## ABSTRACT

**Introduction:** The elderly population is growing rapidly all over the world, and the alterations that encompass biological, social, and psychological aspects that characterize this phase of life can evolve to cognitive and sensorimotor declines, culminating mainly in a greater risk of falls. A risk factor for falls that needs further investigation in the elderly population is the fear of falling, since it is considered an emotional trait that causes changes in body balance strategies. Immersive Virtual Reality (IVR) is a tool that has been used in the field of Physical Therapy for evaluative, preventive and rehabilitation purposes, providing realistic experiences in safe and controlled environments, and was used in this research to investigate whether the virtual experience of great heights influences the postural balance control of elderly people with different degrees of fear of falling, in view of the different results recorded in the literature on the influence of the stressor agent height on the body balance control in different adapted individuals, except for the elderly. **Aim:** To investigate whether there are differences in the modulation of body sway in elderly people with varying levels of fear of falling after exposure to virtual height. **Methods:** Thirteen elderly people were included in this pilot applicability study of the cross-sectional observational, descriptive-analytical type. A Virtual Reality (VR) Head Mounted Display (HMD) was used for virtual height exposure. Body sway was recorded with an accelerometer built into a smartphone positioned on the lower back of the participants, before and after virtually standing on a wooden plank 80 stories high. Fear of falling was assessed with the Falls Efficacy Scale-International (FES-I)-Brazil instrument. **Results:** There was an overall increase in sway after exposure to virtual height (ANOVA's  $P < 0.038$ ,  $\eta^2 > 0.114$ ), regardless of the level of fear of falling ( $P > 0.114$ ). There was no correlation between body sway measurements and FES-I-Brazil scores (Pearson's analysis  $P > 0,089$ ). **Conclusions:** Exposure to height with VR HMD modified the body sway of elderly people, regardless of their levels of fear of falling, suggesting that this type of exposure can be used for physical therapy clinical evaluation and monitoring of the performance of balance control systems in training programs. rehabilitation and prevention of falls in the elderly population.

**Keywords:** Balance control; Aged; Fear of falls; Virtual reality; Evaluation.

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1 .....</b>	<b>1</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1. REVISÃO DA LITERATURA .....	5
1.1.1. Envelhecimento e quedas .....	5
1.1.2. Equilíbrio postural e emoções .....	7
1.1.3. Realidade Virtual .....	9
1.2. JUSTIFICATIVAS .....	15
1.2.1. Relevância para as Ciências da Reabilitação .....	177
1.2.2. Relevância para a Agenda de Prioridades do Ministério da Saúde.....	177
1.2.3. Relevância para o Desenvolvimento Sustentável.....	177
1.3. OBJETIVOS .....	188
1.3.1. Objetivo geral .....	188
1.3.2. Objetivos específicos.....	188
1.4. HIPÓTESES .....	188
<b>CAPÍTULO 2. MÉTODOS .....</b>	<b>199</b>
2.1. ASPECTOS ÉTICOS.....	199
2.2. DELINEAMENTO DO ESTUDO .....	199
<b>2.3. LOCAL DO ESTUDO .....</b>	<b>199</b>
2.4. PARTICIPANTES .....	20
2.4.1. CRITÉRIOS DE INCLUSÃO.....	20
2.4.2. CRITÉRIOS DE EXCLUSÃO (AUTORRELATO) .....	20
<b>2.5. CÁLCULO AMOSTRAL.....</b>	<b>20</b>
2.6. PROCEDIMENTOS .....	211
2.7. INSTRUMENTOS DE MEDIDA .....	244
2.7.1. Questionário de Dados Sociodemográficos e Clínicos .....	244
2.7.2. Teste do Desenho do Relógio .....	244
2.7.3. FES-I-BRASIL .....	255
2.7.4. WHOQOL- bref .....	266
2.7.5. SSQ .....	277
2.7.6. Materiais utilizados .....	288
2.8. DESFECHOS .....	344
2.8.1. Desfecho primário .....	344
2.8.2. Desfechos secundários .....	344
2.9. ANÁLISE DOS DADOS .....	344
<b>CAPÍTULO 3. RESULTADOS .....</b>	<b>355</b>

<b>CAPÍTULO 4. DISCUSSÃO .....</b>	<b>41</b>
4.1. CONCLUSÕES .....	455
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>477</b>
<b>APÊNDICE 1. Carta de aprovação do CEP .....</b>	<b>62</b>
<b>APÊNDICE 2. Termo de Consentimento Livre e Esclarecido .....</b>	<b>644</b>
<b>APÊNDICE 3. Questionário sociodemográfico e clínico .....</b>	<b>688</b>
<b>ANEXO 1. Instrumento de Avaliação de Qualidade de Vida – WHOQOL-bref ....</b>	<b>70</b>
<b>ANEXO 2. FES-I-Brasil.....</b>	<b>763</b>
<b>ANEXO 3. SSQ .....</b>	<b>788</b>

# CAPÍTULO 1

## 1. INTRODUÇÃO

O aumento da população idosa é um fenômeno mundial, sendo computada, só no Brasil, a existência de mais de 31 milhões de idosos (IBGE, 2022), com a expectativa de aumento para 43,3 milhões até o ano 2031 (ALVES, 2020). Por isto, é importante ter ciência de que no envelhecimento, frequentemente constata-se a presença de alterações nos sistemas fisiológicos subjacentes ao controle postural, ocasionadas por patologias ou restrições subclínicas, que geram o desequilíbrio e aumento do risco de quedas (HORAK, 2006).

Declínios físicos são previstos no processo fisiológico de envelhecimento, da mesma forma que déficits nos domínios cognitivos compreendidos como as habilidades da linguagem, atenção, planejamento e execução de tarefas e percepção (TAVARES *et al.*, 2020). Estudos sugerem que em situações ameaçadoras há um aumento da atividade cortical como forma de promover uma potencialização das demandas atencionais e evitar desequilíbrios, mas se tais recursos cognitivos estiverem limitados, o objetivo do controle postural de manutenção da estabilidade poderá ser prejudicado (Brahms *et al.*, 2022).

Para a manutenção da estabilidade postural do indivíduo, é necessário que haja a coordenação adequada dos componentes dos sistemas sensorial, motor, cognitivo e do sistema nervoso central para recepção de informações (DUARTE *et al.*, 2018). Em situações em que há falência dos sistemas de controle postural em compensar as perturbações do equilíbrio, ocorrem as quedas (FREITAS *et al.*, 2013). Estas, são definidas como deslocamentos não intencionais do corpo para um nível mais baixo que a posição inicial (OMS, 2010), podendo ocorrer da própria altura, de assentos ou quando o indivíduo está no leito (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2013).

Nos países ocidentais, o percentual de quedas que acomete idosos com mais de 65 anos, por ano, é de cerca de 30% (SANTOS; MEDEIROS, 2020), constituindo fator de preocupação devido às consequências que podem gerar, como fraturas, restrição na execução de atividades e o próprio temor a quedas (BUKSMAN *et al.*, 2008). E quanto maiores forem as interações entre os fatores de risco intrínsecos e extrínsecos para quedas, maior será o risco de ocorrência

destes eventos nesta população (HOPEWELL *et al.*, 2020).

Problemas relacionados à organização ambiental como iluminação inadequada e pisos escorregadios constituem fatores de risco extrínsecos para quedas, enquanto que as questões que afetam diretamente os sistemas corporais como alterações visuais, doenças nos sistemas muscular e osteoarticular, além de histórico de quedas, correspondem aos fatores de risco intrínsecos (HOPEWELL *et al.*, 2020). O medo de cair em idosos da comunidade com história pregressa de quedas foi considerado como um fator de risco para quedas, segundo uma revisão sistemática e metanálise (PENA *et al.*, 2019).

O medo de cair pode atingir mais da metade dos idosos robustos sem histórico anterior de quedas (LOPES *et al.*, 2019), não sendo mais considerado como uma síndrome pós-queda. Este tipo de temor em idosos é um traço emocional que deve ser considerado, pois sua relação com a diminuição da atividade física e da participação social acarreta diminuição na qualidade de vida (SCHOENE *et al.*, 2019).

A literatura relata que o medo impõe demandas ao sistema de controle postural, influenciando no aumento da oscilação postural (MANN; KLEINPAUL; LEMOS, 2008). Há documentado em estudos que os idosos, quando comparados a jovens, apresentam um aumento na oscilação postural nas direções anteroposterior (ap) e médio-lateral (ml) durante a posição ortostática em virtude de declínios no equilíbrio corporal. O aumento dessa oscilação está associado com o aumento do número de quedas (ALBUQUERQUE, 2018).

Idosos com distúrbios de equilíbrio, resultantes de medo de cair, possuem os limites de estabilidade diminuídos, sugerindo-se maior propensão ao risco de quedas (GAZZOLA *et al.*, 2019). Nos últimos 20 anos, sucessivos estudos têm investigado e evidenciado a relação entre elevação da superfície de apoio em que o indivíduo está posicionado e emoções como o medo e ansiedade, assim como a associação destas com as alterações no controle postural (ADKIN; CARPENTER, 2018).

Emoções e controle de equilíbrio corporal se relacionam porque as pessoas que têm medo, como o medo de altura, parecem aprender a associação entre determinadas tarefas e uma resposta de evitação, como observado em jovens quando submetidos a experiências de altura maiores que 3 metros (SCHOENE *et al.*, 2019) e, ainda, como visto em idosos temerosos a quedas que constantemente

recrutam estratégias de equilíbrio quando deambulam em casa ou na rua (REBÊLO *et al.*, 2021) ou quando em uma base de apoio reduzida, há o uso de ajustes posturais antecipatórios. (MANN; KLEINPAUL; LEMOS, 2008). Por isso, a investigação sobre o efeito da exposição à altura sobre o equilíbrio de idosos robustos torna-se relevante, pois pode revelar como funcionam sistemas de controle do equilíbrio e viabilizar a construção de protocolos individualizados para intervenções de prevenção a quedas.

Apesar dos avanços obtidos nas investigações que relacionam elevação da altura e equilíbrio corporal, o aparato utilizado em tais estudos é difícil de ser implantado em um contexto clínico, havendo ainda um risco real de quedas de grandes alturas, a despeito das medidas de segurança. Uma das formas de se investigar os efeitos da altura no controle do equilíbrio postural pode ser com o uso de tecnologias como a realidade virtual (RV), que combinada a instrumentos que geram dados objetivos das variáveis do equilíbrio podem viabilizar a análise precisa do funcionamento dos sistemas de controle de equilíbrio postural.

A realidade virtual imersiva (RVI) tem se mostrado como uma ferramenta eficaz no contexto da reabilitação e avaliação do equilíbrio corporal, devido as suas demandas e aos distúrbios visuais transitórios que proporciona, estimulando áreas corticais responsáveis pela estabilidade, sendo capaz de gerar uma aprendizagem motora em diferentes ambientes desafiadores (REBÊLO *et al.*, 2021). Uma revisão narrativa mencionou a melhora do equilíbrio em idosos submetidos ao treino com RV não imersiva em todos os artigos selecionados para análise (OLIVEIRA *et al.*, 2017).

Um estudo envolvendo jovens com variados graus de medo submetidos à RVI de altura, mostrou que tal exposição foi capaz de gerar alterações nos estados psicológico, autonômico e postural, mas a não participação de idosos foi uma limitação da pesquisa (BZDÚŠKOVÁ *et al.*, 2022). Outro estudo usando sensores inerciais na coluna lombar e pés, cardiofrequencímetro e um *head mounted display* (HMD), verificou alterações autonômicas e diferentes respostas posturais em jovens parados sobre uma plataforma virtual a grandes alturas em duas posições de ameaça, sugerindo que as estratégias de controle de equilíbrio variam de acordo com a direção da ameaça e que a altura desencadeou ansiedade, aumentando a variação da frequência cardíaca (RAFFEGEAU *et al.*, 2020).

Um ensaio clínico randomizado submeteu participantes idosos temerosos a quedas, por 15 minutos, à experiência com RVI combinada com jogos sérios e concluiu que tal recurso é eficaz para tratar o medo de cair em idosos, embora não tenha avaliado aspectos posturais e fisiológicos dos sujeitos (LEVY *et al.*, 2016). Outro ensaio clínico randomizado concluiu que a RVI é eficaz na reabilitação do equilíbrio corporal de idosos com distúrbios de equilíbrio, mas teve como limitação a não utilização de uma plataforma de força para avaliar os parâmetros do Centro de Pressão (CdP) (REBÊLO *et al.*, 2021).

Embora a plataforma de força seja o método considerado como padrão-ouro para avaliação do equilíbrio por medir a oscilação corporal e variáveis associadas por meio da análise dos deslocamentos do CdP (PEREIRA, 2016), pesquisas recentes apontam que sensores inerciais vestíveis têm substituído tal método, e também os sistemas de captura de movimento em ambientes laboratoriais, por apresentarem como vantagens o baixo custo, leveza, fácil portabilidade, além da possibilidade de fixação em variados segmentos corporais por cintas ou por faixas adesivas ou elásticas (BAKER; GOUGH; GORDON, 2021).

Os *smartphones* são considerados sensores inerciais e, por isto, têm a capacidade de capturar os parâmetros de balanço postural de um indivíduo, viabilizando a avaliação do equilíbrio postural (ANTÔNIO; TERUYA; MOCHIZUKI, 2020). Um estudo cujo objetivo foi desenvolver um aplicativo para dispositivos móveis que avaliasse o equilíbrio e risco de quedas em idosos, verificou a capacidade deste recurso em refletir as oscilações presentes no equilíbrio estático de idosos e de diferenciar os resultados entre grupos de baixo e alto risco de quedas (SAMPAIO; CASTILHO; CARVALHO, 2017).

Pesquisas envolvendo tecnologias como a RV para testar ou tratar indivíduos temerosos a quedas são necessárias, considerando os aspectos psicológicos e fisiológicos relacionados aos déficits de equilíbrio (ADKIN; CARPENTER, 2018). Diante do exposto, verificam-se diferenças nos objetivos e não padronização de protocolos entre as pesquisas envolvendo a RVI e uso de métodos objetivos de mensuração, como os sensores inerciais constantes em *smartphones*, no que se refere a quantificação do equilíbrio, sobretudo em idosos robustos, temerosos ou não a quedas. Assim, surge a proposta do presente trabalho.

Propusemos, então, como objetivo primário de nosso estudo observacional transversal, verificar os efeitos da RVI de grandes alturas sobre o controle de

equilíbrio postural de idosos robustos com diferentes graus de medo de quedas, por meio do uso de sensores inerciais integrados a um *smartphone*, comparando dois momentos da experiência imersiva: antes e depois da imersão a grandes alturas. Nossa hipótese alternativa foi a de que a altura virtual desencadearia respostas emocionais como medo ou ansiedade, resultando em um enrijecimento de defesa refletido pelo recrutamento de estratégias de tornozelo, gerando menor oscilação ml conforme proposto pela teoria da variabilidade não controlada (FIGUEIREDO, 2019; RAFFEGEAU *et al.*, 2020).

## 1.1. REVISÃO DA LITERATURA

### 1.1.1. Envelhecimento e quedas

O crescimento da população idosa é uma tendência mundial, observado tanto em países desenvolvidos quanto em desenvolvimento (OMS, 2005). Em janeiro de 2020, a União Europeia contava com uma proporção de 20,6% pessoas com 65 anos ou mais em uma população de 447,3 milhões de pessoas, com previsões de aumento significativo desse percentual para 31,3% até 2100 (EUROSTAT, 2021). No Brasil, a população idosa com 60 anos ou mais atingiu a marca de 30 milhões de pessoas em 2020, com estimativas de que atinja um pico de crescimento de 79,2 milhões em 2072 (ALVES, 2020). O contínuo crescimento desses idosos em relação à faixa etária de pessoas com idade entre 0 e 24 anos, aponta para a inversão da pirâmide etária brasileira em 2050 (BRASIL, 2018).

A visão biogerontológica conceitua o envelhecimento como um processo dinâmico e contínuo, que engloba uma série de alterações nos sistemas corporais, as quais determinam a diminuição da capacidade adaptativa do indivíduo ao meio ambiente, deixando-o propenso ao desenvolvimento de doenças que culminam com a morte (FREITAS *et al.*, 2016). Histórico de quedas anteriores, alterações visuais, musculoesqueléticas, na marcha e no equilíbrio são fatores de risco para quedas que estão associados ao aumento da idade (HOPEWELL *et al.*, 2020).

Existem aproximadamente 400 tipos de quedas e fatores de risco associados. Comuns no envelhecimento, essas podem ocorrer devido a alterações fisiológicas inerentes à senescência, cujas causas podem ser combinadas, referindo-se a alterações das funções neurais e dos sistemas osteoarticulares, além de declínio cognitivo e presença de traços emocionais, como medo de cair

(TAVARES *et al.*, 2020).

Um estudo do DATASUS de 2020 aponta que, no Brasil, entre 2000 e 2018, ocorreram 1,48 milhões de hospitalizações por quedas em idosos, com uma média de 68.148 internações, ocasionando consequente aumento de gastos pelo Sistema Único Saúde (SUS). O crescimento da população idosa e as consequências das quedas tendem a sobrecarregar os custos socioeconômicos e afetar a saúde e qualidade de vida desses indivíduos (SONG; LEE, 2021).

A qualidade de vida é um constructo complexo e subjetivo que engloba dimensões socioculturais, emocionais e físicas. Em contrapartida, a Qualidade de Vida Relacionada à Saúde (QVRS) concentra-se no impacto que esta tem na qualidade de vida, com base na autopercepção de bem-estar e funcionalidade que o sujeito possui. Quedas e medo de cair impactam diretamente nesse constructo (SCHOENE *et al.*, 2019). Uma pesquisa descritiva revelou que se encontrava diminuída a QVRS das idosas sul-coreanas que fizeram tratamento para quedas, convergindo com resultados de outros estudos sobre idosos que já caíram, e ressaltou a necessidade de avaliação prévia da estabilidade corporal para a projeção de programas de saúde (SONG; LEE, 2021).

O medo de cair está associado à restrição de atividades, risco de quedas e impacto negativo na qualidade de vida, podendo ser investigado por meio da medição da antecipação do medo de quedas futuras, utilizando-se de pergunta única como: “No momento, o(a) senhor(a) está com pouco medo, muito medo ou não tem medo de cair?”, ou medindo a autoeficácia em relação a quedas por meio de instrumentos como FES-I de Tinetti (SCHOENE *et al.*, 2019). O FES-I é um instrumento que foi validado e adaptado transculturalmente para a população idosa brasileira (FES-I-Brasil) para avaliar o medo de cair, sendo útil em programas de prevenção e tratamento que visem à melhora da autoeficácia relacionada a quedas, tendo em vista a crença de que essa tem influência na adoção de comportamentos de saúde adaptativos (CAMARGOS *et al.*, 2010).

Diante dos dados, é importante considerar que o envelhecimento passou a ser tema das políticas públicas no sentido de promover melhorias na saúde e bem-estar da pessoa idosa, conduzindo para um envelhecimento saudável e com qualidade de vida (SILVA; BAPTISTA, 2016). A inserção de novas tecnologias, como a RV nas intervenções para prevenção de quedas, pode ser um caminho promissor para alcançar melhorias na qualidade de vida dessa população

(MASCRET *et al.*, 2020), como apontado em uma revisão narrativa que abordou a influência benéfica da RV na reabilitação do equilíbrio de idosos saudáveis (OLIVEIRA *et al.*, 2017).

Sensores inerciais embutidos em *smartphones*, também têm sido cada vez mais adotados na prática clínica por serem instrumentos de baixo custo, práticos, de fácil execução e por permitirem uma medição objetiva dos movimentos corporais sem a inconveniência de fios durante a realização dos testes (AIROLD, 2020). E já são utilizados em pesquisa para avaliação da postura e marcha de idosos há mais de uma década, permitindo coleta eficiente de dados biomecânicos, que podem ser enviados automaticamente para computadores, facilitando a análise e interpretação de resultados, do mesmo modo como podem ser inseridos na projeção de programas de prevenção de quedas (NASCIMENTO; SILVA; JUCHEM, 2022).

### **1.1.2. Equilíbrio postural e emoções**

O controle postural é uma habilidade complexa que envolve a interação dinâmica de processos sensorio-motores e cognitivos, tendo como um dos objetivos o equilíbrio postural (HORAK, 2006). O equilíbrio postural é a capacidade do indivíduo em manter o seu centro de massa (CdM) dentro da base de suporte (BdS), e esta é marcada pelos limites da estabilidade, que mudam de acordo com a tarefa, as condições individuais – como força e amplitude de movimento –, além das características do CdM e do ambiente (SHUMWAY-COOK; WOOLLACOTT, 2010).

O corpo humano é representado pelo Sistema Nervoso Central (SNC) como um pêndulo invertido que suporta a massa corporal em torno das articulações do tornozelo, gerando deslocamentos constantes nos planos ap e ml para a manutenção do equilíbrio (CARPENTER; MURNAGHAN; INGLIS, 2010). Mesmo na posição ortostática parada, o controle postural é dinâmico, observando-se frequentes quantidades de balanços posturais (SHUMWAY-COOK; WOOLLACOTT, 2010) e recrutamento das estratégias de movimento, como as do tornozelo e do quadril, para manutenção da estabilidade diante das perturbações posturais (HOUGLUM; BERTOTI, 2014).

As estratégias de movimento para o controle da estabilidade corporal em

resposta a perturbações são dependentes do adequado fluxo das aferências somatossensoriais, vestibular e visual e dos recursos cognitivos (KANDEL *et al.*, 2014). A literatura mostra que o córtex pré-frontal é uma área primordial no controle do equilíbrio, e durante tarefas difíceis sua excitabilidade é aumentada, como verificado em intervenções com uso de RV em que os jogos demandaram tarefas de equilíbrio (REBÊLO *et al.*, 2021).

O medo de cair em idosos diante de situações estressoras, como quando posicionados em superfícies de apoio elevadas, pode influenciar no controle postural antecipatório, acionando estratégias de endurecimento conservadoras, evidenciadas pela diminuição da amplitude do CdM e co-contração reflexa dos músculos tibial anterior, solear e gastrocnêmio com a finalidade de evitar desestabilizações (YOUNG; WILLIAMS, 2015). Entretanto, emoções também podem afetar o funcionamento dos sistemas sensoriais resultando em instabilidades corporais, quando os mecanismos de equilíbrio não conseguem realizar os ajustes necessários e em tempo hábil em dois ou mais desses sistemas (BZDÚŠKOVÁ *et al.*, 2022).

Ameaças ou incertezas são estímulos ambientais que influenciam o funcionamento das amígdalas e que podem gerar respostas autonômicas, como a variação da frequência cardíaca (VFC), sinalizando objetivamente o processamento emocional e as respostas corporais frente a esses estímulos (CHAVES *et al.*, 2021). Um estudo que comparou indivíduos com alto e baixo medo de altura, submetendo-os a diferentes alturas virtuais, concluiu que a experiência com esse tipo de estressor provoca reações complexas relacionadas ao estado emocional, atividade autonômica e estabilidade corporal (BZDÚŠKOVÁ *et al.*, 2022).

Evidências indicam a relação entre a elevação da superfície de apoio em que o indivíduo está posicionado e emoções, como medo e ansiedade, e as alterações no controle do equilíbrio postural (ADKIN; CARPENTER, 2018). Experimentos realizados em laboratório com indivíduos saudáveis, posicionados em uma plataforma elevada, atribuíram ao medo e à ansiedade as mudanças que ocorreram no controle do equilíbrio postural. Já no equilíbrio estático em indivíduos suscetíveis à acrofobia, foi verificado que quanto maior a ansiedade subjetiva, maiores foram as alterações na oscilação e a co-contração da musculatura da perna e pescoço. Sugeriu-se, então, que assim como o estímulo visual de altura,

as emoções também são causadoras das referidas modificações posturais e nos reflexos de equilíbrio vestibulo-espinhais (HUPPERT; WUEHR; BRANDT, 2020).

Fatores como medo de cair e percepção de segurança, em qualquer momento, têm impactos no controle do CdM em relação aos limites de estabilidade durante a posição ortostática parada (SHUMWAY-COOK; WOOLLACOTT, 2010). Limites de estabilidade aumentados representam maior estabilidade com menor propensão ao risco de quedas (GAZZOLA *et al*, 2019), enquanto a maior oscilação corporal em idosos sugere alterações no controle postural (FREITAS JÚNIOR, 2003).

A plataforma de força indica, por meio de sinais estabilométricos, como o sistema de controle de equilíbrio se comporta diante de instabilidades, medindo a retroalimentação do indivíduo e a capacidade de ajustes antecipatórios (RODOWANSKI, 2011). A correlação dessa ferramenta com os *smartphones* para avaliação do equilíbrio foi verificada em uma pesquisa, concluindo que estes equipamentos portáteis podem fornecer dados do equilíbrio de forma adequada desde que o processamento dos dados seja realizado corretamente (PINHO, 2019).

A RVI pode ser uma ferramenta útil na avaliação do funcionamento dos sistemas de controle postural, pois através dos estímulos visuais desafiadores que propicia no indivíduo, é possível observar as reações e funcionamento dos sistemas de controle de equilíbrio postural (BZDÚŠKOVÁ *et al.*, 2022), que podem ser medidas por sensores inerciais contidos nos *smartphones* com capacidade de apresentar informações sobre aceleração do centro de massa nos três eixos, descrevendo a normalidade ou déficits no equilíbrio (PINHO, 2019).

### **1.1.3. Realidade Virtual**

A RV surgiu após a Segunda Guerra Mundial, a partir da criação de simuladores de voo pela força aérea norte-americana. Seu uso como recurso terapêutico na reabilitação é relativamente recente e originário dos avanços tecnológicos e científicos na área. Nos últimos 15 anos, o aumento do número de publicações sobre o tema sugere o surgimento de um novo campo científico (KESHNER *et al.*, 2019).

Pesquisas envolvendo o uso da RV na reabilitação do equilíbrio vêm sendo

realizadas com maior frequência por permitir, ao usuário, o acesso a experiências sensoriais robustas e novas em ambientes controlados (PETERSON; FURUICHI; FERRIS, 2018), padronizados e reprodutíveis, tornando sua aplicabilidade promissora também como método avaliativo (MOREL *et al.*, 2015). Como técnica terapêutica na reabilitação, promove benefícios nos aspectos cognitivo, motor e cardiorrespiratório, possuindo como objetivos principais a participação do indivíduo nas atividades de vida diária e o aumento da sua capacidade funcional (OLIVEIRA *et al.*, 2017). Estudos recentes evidenciam que essas novas tecnologias se mostram eficazes quando aplicadas em intervenções para prevenção de quedas com melhoria dos mecanismos envolvidos no controle do equilíbrio (MASCRET *et al.*, 2020).

A RV é uma interface avançada entre computador e usuário, possibilitando que este visualize e interaja, em tempo real, com elementos de um ambiente tridimensional, podendo haver estímulos adicionais de tato e audição (TORI; HOUNSELL, 2018), por meio de dispositivos multissensoriais (OLIVEIRA *et al.*, 2017) que permitem no ambiente virtual a integração de imersão, interação e envolvimento (REBÊLO *et al.*, 2021), trinômio que constitui as bases da RV (AMORIM *et al.*, 2010).

A imersão é uma característica objetiva dos ambientes virtuais promovida pela tecnologia com consequência psicológica, perceptual e cognitiva de presença (PALACIOS-NAVARRO; HOGAN, 2021), ou seja, sensação de pertencer (REBÊLO *et al.*, 2021) ou estar presente no ambiente tridimensional (AMORIM *et al.*, 2010). A interação refere-se às modificações que ocorrem no ambiente virtual, como resposta do computador à detecção de ações realizadas pelo usuário (VALÉRIO NETTO; MACHADO; OLIVEIRA, 2002), como visualização e manipulação de objetos virtuais por meio de movimentos tridimensionais naturais do corpo humano (TORI; KIRNER; SISCOUTO, 2006). O envolvimento está relacionado ao grau de motivação do indivíduo quanto à tarefa realizada no ambiente virtual (AMORIM *et al.*, 2010).

Essas tecnologias podem ser classificadas como RVI, Não Imersiva ou Semi-imersiva (PALACIOS-NAVARRO; HOGAN, 2021). Na RV Não Imersiva existe a possibilidade de visualização de cenas tridimensionais (VALÉRIO NETTO; MACHADO; OLIVEIRA, 2002) em dispositivos convencionais, como monitores de computador e projetores, com a sensação de presença apenas do mundo real. Na

RV Semi-imersiva ocorre uma imersão parcial do usuário no ambiente virtual com simultânea visualização do mundo real por meio de monitores de vídeo com óculos polarizados (MONTEIRO, 2011). A RVI caracteriza-se pela integral inserção do indivíduo no ambiente tridimensional com sensação de presença e visualização de todo esse ambiente em diferentes direções, viabilizada pelo uso de dispositivos tecnológicos multissensoriais (TORI; KIRNER; SISCOUTO, 2006), como HMD, que por meio de sensores rastreia os movimentos e direção da cabeça e, após processamento computacional, fornece imagens que correspondem à perspectiva e ações do usuário (VALÉRIO NETTO; MACHADO; OLIVEIRA, 2002), modificando instantaneamente o ambiente imersivo (THOMAZ *et al.*, 2005).

No isolamento do mundo real, provocado pela RVI, a percepção é limitada apenas a luzes e sons projetados pelos referidos equipamentos, criando a ilusão de presença em um mundo real (MANEGUETTE, 2010), condição que reflete a eficiência de um sistema de RV (MOREL *et al.*, 2015). O ambiente imersivo pode proporcionar como vantagens as percepções e reações realísticas ao usuário em tempo real, durante uma interação sensório-motora naturalística e ecologicamente válida, além da capacidade de criar simulações altamente controladas e seguras, capazes de resultar em respostas fisiológicas e emocionais, que podem ser medidas por meio de instrumentos, como plataforma de força (TIERI *et al.*, 2018), sensores inerciais embutidos em *smartphones* e cardiofrequencímetros integrados a um dispositivo de RV.

Dispositivos de saída, como HMDs, permitem ao usuário explorar e interagir no mundo tridimensional por meio do recebimento de informações do computador (VALÉRIO NETTO; MACHADO; OLIVEIRA, 2002), mas quando possuem sensores rastreadores de movimento e orientação da cabeça, enviando dados ao computador, funcionam também como dispositivos de entrada (TORI; KIRNER; SISCOUTO, 2006). Os HMDs possuem como uma de suas características a visão estereoscópica, que se refere ao fornecimento de informações de movimento com noção de profundidade durante a imersão (MOREL *et al.*, 2015), distribuídas para cada olho por meio das duas lentes do dispositivo que, com apoio de sensores, modificam-se de acordo com a movimentação da cabeça do usuário (TORI; KIRNER; SISCOUTO, 2006).

Em uma perspectiva clínica, as atividades realizadas em ambientes

simulados podem promover maior validade ecológica, e conseqüentemente uma transferência de habilidades motoras realizadas no mundo virtual para o real para fins de reabilitação (BORREGO *et al.*, 2018).

Considerados hedônicos (MASCRET *et al.*, 2020), os ambientes imersivos impactam na motivação do usuário quanto à participação nas tarefas virtuais (PALACIOS-NAVARRO; HOGAN, 2021), mostrando-se eficazes e acarretando forte tendência em adesão ao tratamento, mas também podem gerar desequilíbrios, sendo necessária a supervisão constante de um fisioterapeuta durante a intervenção, de forma a garantir a segurança do participante (REBÊLO *et al.*, 2021).

Embora programas de treinamento que visem a prevenção de quedas em idosos com o uso de tecnologias, como os HMDs de RV, tenham apresentado eficácia e melhora nos mecanismos de controle de equilíbrio e locomoção, faz-se necessário investigar a intenção de uso para o sucesso da intervenção (MASCRET *et al.*, 2020). Tecnologias imersivas podem causar conflitos nos sistemas viso-vestibular e somatossensorial, pois há um estímulo visual de movimento enquanto o corpo está parado, gerando desconfortos, como vista cansada, fadiga, tontura e ataxia – sintomas característicos de *cybersickness*, podendo aumentar o risco de quedas, prejudicar a experiência e influenciar na recusa de participação em futuras sessões de intervenção com uso da RVI (CARVALHO; COSTA; NARDI, 2011).

Sintomas de *cybersickness* podem ocorrer durante ou após a imersão, permanecendo ou não por até as 12 horas seguintes à experiência (CARVALHO; COSTA; NARDI, 2011). Comuns em pessoas que têm contato com ambientes virtuais, os sintomas geralmente são amenos e para explicar sua ocorrência, algumas teorias são descritas na literatura. A teoria do conflito sensorial, uma das teorias mais referenciadas para explicar a ocorrência de *cybersickness*, discorre que os sintomas ocorrem como resultado de um conflito viso-vestibular durante a visualização das imagens da experiência imersiva enquanto o corpo parado tem a sensação de movimentar-se, já a teoria da instabilidade postural considera que ocorre uma instabilidade postural natural, em um ambiente de RV considerado como uma experiência nova para o usuário, gerando o surgimento de sintomas desagradáveis durante a tentativa de manutenção do equilíbrio em um determinado espaço de tempo (MARTINS; AZEVEDO, 2020).

Boas práticas são recomendadas para uso de dispositivos de RVI de forma a prevenir a ocorrência de *cybersickness*. A diminuição do tempo de uso é fator positivo, assim como a baixa latência e diminuição do campo de visão (MARTINS; AZEVEDO, 2020). Além disso, também é recomendável uma avaliação prévia ao uso clínico sobre a viabilidade, segurança e aceitação dos recursos de RV (SOARES *et al.*, 2020).

Um estudo avaliou a aceitação por idosos do uso de HMDs de RV, como o HTC Vive (*HTC Corporation*), em um programa de treinamentos para prevenção de quedas, utilizando o modelo de aceitação de tecnologia e verificou que a intenção de uso do dispositivo foi prevista de acordo com a percepção de utilidade, facilidade de uso e prazer. Se o idoso não percebe a utilidade de determinada ferramenta tecnológica, provavelmente não encontra motivação para adesão à intervenção ou a realiza em situação de desconforto psicológico. Além disso, concluiu que a diminuição da autoeficácia em relação às quedas é uma variável que influencia positivamente a aceitação do uso de um HMD por idosos (MASCRET *et al.*, 2020).

Outro estudo avaliou e verificou em grupos de jovens e idosos a viabilidade, segurança e aceitação do uso de RVI, respectivamente, por meio de verificação da conclusão da tarefa imersiva, com base no questionário de doença do simulador e no questionário de satisfação após a realização da tarefa. Foram relatados leves sintomas de *cybersickness* pelos dois grupos, motivo que levou determinados idosos a não completarem todas as tarefas (SOARES *et al.*, 2020).

Embora estudos mostrem a segurança dos HMDs de RV como recurso de suporte avaliativo, e que os riscos de desequilíbrio corporal são equiparados aos vistos em sujeitos na posição ortostática com olhos fechados (SALDANA *et al.*, 2017), fatores como idade e condição física influenciam na experiência individual, havendo registros na literatura de que idosos podem apresentar maior grau de desconfortos decorrentes dos estímulos visuais que jovens, além de haver uma maior probabilidade de ocorrer tonturas em pessoas com déficit de equilíbrio. Há relatos de que um dos motivos responsáveis por esse tipo de sintoma seria um atraso na latência (MOREL *et al.*, 2015), esta definida como o tempo entre a execução do movimento real da cabeça do usuário e a reação deste movimento no ambiente virtual. Um tempo maior entre a movimentação da cabeça e o rastreamento e processamento dos movimentos pelos sensores acoplados no HMD

podem gerar os sintomas de *cybersickness* (TOLLINI, 2020).

Há estudos que mostram o uso da RV como instrumento de avaliação do equilíbrio de idosos. Um HMD de RV moderno e acessível comercialmente, combinado com um equipamento posturográfico, foi usado em uma pesquisa para avaliar o equilíbrio estático de idosos e verificou sua validade, confiabilidade e comparabilidade a uma plataforma de força (SALDANA *et al.*, 2017). Experimentos em ambiente laboratorial para testar o equilíbrio sob ameaça demonstraram, principalmente em idosos, modificações como diminuição da velocidade da marcha e tamanho dos passos, quando posicionados em superfícies modestamente elevadas. Similarmente, um enrijecimento da musculatura responsável pelo equilíbrio postural estático foi visto quando estavam em superfícies elevadas. E diante de inclinações imprevisíveis na superfície, observou-se co-contrações dos músculos antigravitacionais, que por estarem acompanhadas de alterações nos reflexos vestibulo-espinhais, sugere-se que as alterações musculares não são geradas apenas por estímulos visuais, mas também por emoções, como medo ou ansiedade (HUPPERT; WUEHR; BRANDT, 2020).

Um estudo que utilizou HMD e experiência de grandes alturas para testar o equilíbrio dinâmico dos participantes enquanto caminhavam sobre uma prancha, verificou que durante 15 minutos de exposição, ocorreram alterações neurovegetativas e diminuição do desempenho cognitivo, físico e do equilíbrio dinâmico (PETERSON; FURUICHI; FERRIS, 2018). Outra pesquisa que utilizou a RVI com experiência de altura, comparando participantes com alto e baixo grau de medo de altura, obteve como resultados alterações nos parâmetros posturais, emocionais e fisiológicos, evidenciando a eficácia da experiência imersiva sobre as emoções (BZDÚŠKOVÁ *et al.*, 2022).

Atualmente, existem diversos softwares criados para contato com a RV, sendo o HMD a interface entre o usuário e o ambiente, utilizando diversos recursos de gráficos tridimensionais ou imagens 360° criando a sensação de presença no mundo virtual. Um desses softwares é chamado *Richie's Plank Experience*, criado pela Toast VR para testar o medo de altura em pessoas, enquanto o usuário caminha por uma prancha suspensa no topo de um arranha-céu de 80 andares. O software se propõe a levar o usuário à imersão em um mundo virtual a grandes alturas bem próxima do mundo real, com capacidade de gerar efeitos emocionais e

físicos compatíveis com a experiência (TOAST, 2017) e já foi utilizado em estudo experimental com jovens para verificar seus efeitos sobre o equilíbrio (ALMEIDA, 2020). Uma vantagem do uso desta aplicação é o fácil acesso para aquisição, já que trata-se de um software comercial disponível nas lojas para qualquer usuário.

A experiência de altura com o *Richie's Plank Experience* fornece estímulos visuais realísticos de altura demandando habilidades naturais que são exigidas durante interação no ambiente físico, especificamente atenção, percepção informacional, memória e demandas motoras para manutenção do equilíbrio, além de estímulos táteis com uso dos controles manuais ou ao caminhar, seja sobre superfície estável (solo) ou sobre a prancha de madeira real que compõe o pacote comercial.

Diante do exposto, é possível verificar que apesar do grande e crescente número de pesquisas que versem sobre a utilização da RVI em intervenções para avaliação e reabilitação do equilíbrio de idosos, há recomendações de que novos estudos sejam realizados para o preenchimento de lacunas de forma que possam ser utilizados futuramente na prática clínica, e atendam consistentemente a população idosa quanto às questões que envolvem o equilíbrio corporal. Uma dessas lacunas compreende o uso da RVI com experiência de grandes alturas para verificar como se comportam os sistemas de controle de equilíbrio de idosos robustos temerosos e não temerosos a quedas, tema proposto por neste estudo.

## **1.2. JUSTIFICATIVAS**

A população idosa cresce de forma vertiginosa em todo o mundo, salientando as alterações fisiológicas da senescência com possibilidade de declínio dos sistemas envolvidos no controle do equilíbrio, culminando em medo de cair, restrição de atividades, diminuição da qualidade de vida, quedas, hospitalização, institucionalização e morte (FABRÍCIO *et al.*, 2003), além de altos custos para os sistemas de saúde e para a família (SONG; LEE, 2021). Diante disso, é essencial a implementação de novas tecnologias nos programas de intervenção que incluam a avaliação ou treinamento dos sistemas de controle do equilíbrio com o intuito de evitar quedas, mantendo ou melhorando a funcionalidade dos idosos para continuidade da realização das atividades básicas e instrumentais de vida diária. E, por isso, a RVI tem sido relatada na literatura como uma

ferramenta eficaz, segura e prazerosa muito utilizada em programas que envolvem a avaliação e treino do equilíbrio corporal de idosos (MASCRET *et al.*, 2020). A proposta de uso de um software de RVI de grandes alturas em idosos robustos, parte dos registros na literatura científica há mais de uma década sobre o uso desse tipo de estressor (altura) para estudar a relação entre emoções e controle do equilíbrio (ADKIN; CARPENTER, 2018). Na presente pesquisa, pretendemos fornecer dados sobre o funcionamento dos sistemas de equilíbrio de idosos robustos temerosos e não temerosos a quedas submetidos ao estressor altura durante o uso de HMD de RVI por não termos encontrado, até o momento, pesquisas nessa perspectiva envolvendo essa população e por considerarmos que os resultados podem contribuir para a prática clínica na avaliação e acompanhamento do tratamento de idosos nas questões que envolvem os sistemas de equilíbrio corporal.

### **1.2.1. Relevância para as Ciências da Reabilitação**

Os possíveis declínios funcionais na fase da senescência podem resultar em quedas (ARAUJO *et al.*, 2020), sendo essencial a adoção de práticas terapêuticas que previnam eventos incapacitantes, e o uso de novas tecnologias tem sido sugerido para esta finalidade (REBÊLO *et al.*, 2021). A RV é uma ferramenta que promove benefícios como melhora das funções cardiovasculares, sensoriomotoras e daquelas relacionadas ao equilíbrio corporal (OLIVEIRA *et al.*, 2017), além de ludicidade e boa aceitabilidade pelos idosos (MASCRET *et al.*, 2020). A possibilidade de exposição do indivíduo a situações estressantes e desafiadoras para tratamento ou avaliação dos sistemas que participam do controle do equilíbrio (ADKIN; CARPENTER, 2018), pode ser realizada de forma segura em ambientes de RVI (TIERI *et al.*, 2018). Desta forma, a proposta deste estudo em expor idosos a grandes alturas em ambiente imersivo com associação de instrumentos de baixo custo como sensores inerciais contidos em *smartphones*, se mostra relevante para as Ciências da Reabilitação, pois pode direcionar o diagnóstico ou tratamento em casos em que houver déficits nos mecanismos do controle da estabilidade corporal de idosos, subsidiando a montagem de protocolos para prevenção e tratamento das disfunções do equilíbrio, reduzindo potencialmente os custos com tratamento de complicações resultantes das quedas.

### **1.2.2. Relevância para a Agenda de Prioridades do Ministério da Saúde**

O estudo atende ao eixo 12, “Saúde do Idoso”, da Agenda de Prioridades do Ministério da Saúde (MS).

### **1.2.3. Relevância para o Desenvolvimento Sustentável**

A proposta do desenvolvimento deste trabalho se enquadra no objetivo 3 dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), “Saúde e bem-estar”.

## 1.3. OBJETIVOS

### 1.3.1. Objetivo geral

Investigar se há diferenças na oscilação corporal entre idosos com níveis variados de medo de quedas antes e após a exposição à altura virtual.

### 1.3.2. Objetivos específicos

1. Avaliar os diferentes graus de medo para quedas (autoeficácia) por meio do questionário FES-I-Brasil;
2. Registrar e comparar as respostas posturais e autonômicas dos grupos de idosos com diferentes graus de medo em dois momentos distintos: pré e pós-exposição à RVI de grandes alturas;
3. Verificar se há associação entre as respostas posturais evocadas pela RVI com o medo de quedas acessado pelo FES-I-Brasil;
4. Caracterizar a amostra por meio da comparação do nível de qualidade de vida entre os grupos de idosos de acordo a média dos escores do WHOQOL-bref, e;
5. Verificar a ocorrência de *cybersickness* após exposição à RVI.

## 1.4. HIPÓTESES

$H_0$  = Após exposição à experiência imersiva de altura não há modificações na VFC e nem na oscilação corporal dos idosos robustos.

$H_1$  = Após exposição à experiência imersiva de altura há aumento VFC e da oscilação corporal no sentido ap e diminuição no sentido medio-lateral nos idosos robustos.

## **CAPÍTULO 2. MÉTODOS**

### **2.1. ASPECTOS ÉTICOS**

Este protocolo de pesquisa foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) do Centro Universitário Augusto Motta (UNISUAM) via Plataforma Brasil (<https://plataformabrasil.saude.gov.br>) antes da execução do estudo, em consonância com a resolução 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde, tendo sido aprovado por meio do parecer consubstanciado nº 5.643.909 com Certificação de Apresentação para Apreciação Ética (CAAE) sob o número 63190622.0.0000.5235 (APÊNDICE 1). Todos os participantes assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE; APÊNDICE 2), após terem sido informados sobre a natureza do estudo e do protocolo a ser realizado.

### **2.2. DELINEAMENTO DO ESTUDO**

Trata-se de um estudo piloto de aplicabilidade do tipo observacional com delineamento transversal, descritivo-analítico, em que se buscou verificar se ocorreriam alterações neurovegetativas e no equilíbrio postural estático em uma amostra de idosos robustos temerosos e não temerosos a quedas, que foram submetidos a experiências imersivas a nível do solo e posicionados sobre e em orientação paralela a uma prancha virtual suspensa a grandes alturas, por meio de um HMD. O estudo também buscou verificar se haveria associação dos resultados posturais com o medo cair acessado pelo FES-I-Brasil, a relação dos grupos com diferentes níveis de medo de quedas com a média dos escores do WHOQOL-bref e a ocorrência de *cybersickness*.

### **2.3. LOCAL DO ESTUDO**

A coleta de dados para a pesquisa foi realizada no Laboratório de Realidade Virtual em Reabilitação (LRVR) do Centro UNISUAM, situado à Rua Dona Isabel, 94, bairro Bonsucesso, município do Rio de Janeiro, RJ, no período de 07/12/2022 a 16/12/2022, no horário matutino.

## **2.4. PARTICIPANTES**

Por se tratar de um estudo piloto de aplicabilidade com uso da RVI de altura para avaliar o sistema de controle de equilíbrio de idosos robustos consideramos, inicialmente, a amostra de 13 idosos robustos, sendo 10 do gênero feminino, com (média  $\pm$  DP)  $67,7 \pm 5,2$  anos de idade,  $68 \pm 15,7$  kg de massa corporal,  $1,55 \pm 0,05$  metros de estatura,  $27,9 \pm 6,4$  kg/m<sup>2</sup> de índice de massa corporal, residentes em diferentes municípios da Baixada Fluminense, no estado do Rio de Janeiro, Brasil, que não faziam uso de dispositivo auxiliar de marcha e concordaram em participar do estudo assinando o TCLE. Há aspirações de aumento do tamanho amostral para novas análises.

### **2.4.1. CRITÉRIOS DE INCLUSÃO**

- Idade a partir dos 60 anos;
- Ambos os sexos;
- Não necessitar de dispositivo auxiliar de marcha para deambular;
- Possuir capacidade de compreensão e resposta a comandos verbais simples;
- Aceitar participar do estudo mediante assinatura do TCLE.

### **2.4.2. CRITÉRIOS DE EXCLUSÃO (AUTORRELATO)**

- Histórico de vertigem ou qualquer patologia do sistema vestibular;
- Possuir doenças cardiovascular, neurológica ou ortopédica que afetem a estabilidade postural (hipertensão arterial descompensada, epilepsia e dor lombar grave);
- Possuir próteses em membros inferiores, e;
- Ter participado nos últimos 6 meses de programas de reabilitação relacionados ao equilíbrio.

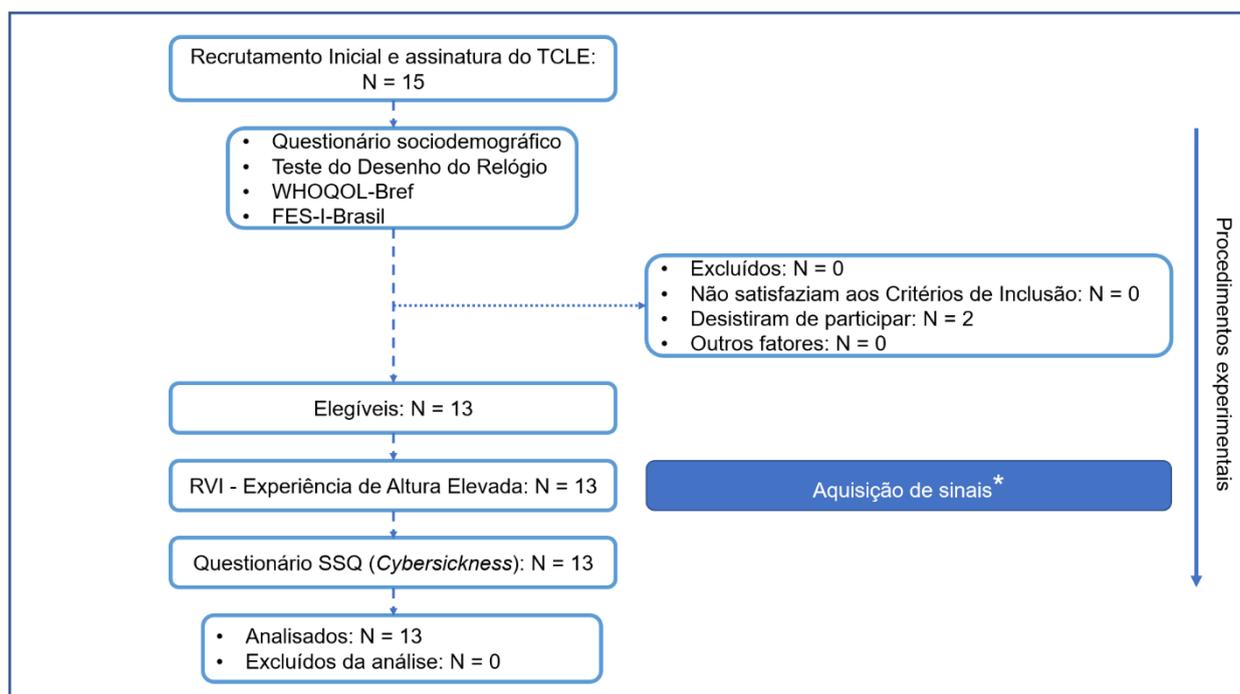
## **2.5. CÁLCULO AMOSTRAL**

Considerando o desenho estatístico adequado ao estudo (ANOVA de dois fatores, momento e grupo, cada um com dois níveis), e assumindo uma significância estatística de 5%, um poder estatístico de 80% e um tamanho de

efeito moderado ( $\eta^2=0,8$ ) foi utilizado para o cálculo amostral o programa G\*Power (versão 3.1.9.2, Alemanha), resultando preliminarmente no tamanho amostral de 15 participantes. Devido à falta de pesquisas relacionadas ou estudos de referência para a área específica analisada (população idosa), não foi possível comparar diretamente o Tamanho de Efeito com outros estudos.

## 2.6. PROCEDIMENTOS

As etapas do estudo podem ser visualizadas no fluxograma apresentado na Figura 1. Inicialmente, foi realizado contato por meio de uma rede social com idosos robustos residentes em municípios da Baixada Fluminense, Rio de Janeiro, Brasil, para divulgação e convite à participação do estudo, com breve explanação do desenho e objetivos da pesquisa. Os quinze voluntários que aceitaram participar, compareceram ao laboratório de RV da UNISUAM em determinados dias do mês de dezembro de 2022, agendados pela pesquisadora e, após ciência dos termos, concordaram em assinar o TCLE (APÊNDICE 2).



**Figura 1.** Fluxograma das etapas do estudo. \*VFC e registro do deslocamento corporal.

A etapa posterior consistiu no preenchimento de um questionário sociodemográfico e de determinadas condições de saúde (APÊNDICE 3), com itens relativos aos critérios de inclusão e exclusão e execução do Teste do Desenho do Relógio (TDR). Aos elegíveis, de acordo com os referidos critérios, foram disponibilizados e lidos, pela pesquisadora, itens atinentes ao Instrumento de Qualidade de Vida da Organização Mundial de Saúde abreviado (WHOQOL-brief, ANEXO 1) e a FES-I-Brasil (ANEXO 2) para que cada participante respondesse individualmente. Após, foram elucidados os procedimentos para uso do equipamento de RVI, juntamente com os sensores inerciais contidos no *smartphone* e cardiofrequencímetro previamente ao momento das avaliações dos dados posturais e autonômicos. Foram esclarecidos os procedimentos que deveriam ser adotados por cada voluntário durante a experiência, os possíveis riscos e sensações evocadas pela experiência imersiva, inclusive *cybersickness*, e orientados para que relatassem a qualquer tempo quaisquer sensações de desconforto no momento da imersão, além de serem informados de que poderiam solicitar a interrupção do procedimento de coleta de dados a qualquer momento.

No primeiro dia de submissão à RVI e aquisição de sinais posturográficos e autonômicos, participaram por completo 3 voluntários. No segundo dia, compareceram 7 voluntários, no entanto, a coleta não pôde ser realizada devido a problemas técnicos no prédio do laboratório de RV (ausência de energia elétrica na unidade). Estes voluntários realizaram somente o preenchimento dos questionários, havendo desistência de 2 participantes para submissão à RVI em data posterior devido a impossibilidade de retornar ao laboratório. No terceiro dia, 10 voluntários compareceram sendo 5 para completar a coleta e outros 5 para todas as etapas do estudo.

Para a coleta dos dados posturais e autonômicos, os idosos foram instruídos a se manterem em posição ortostática parada, pés unidos e calçados sobre superfície firme (solo), com membros superiores relaxados ao longo do tronco, mantendo a cabeça parada e olhar para frente, permanecendo em silêncio e o mais imóveis possível durante o uso de um HMD HTC VIVE Pro para acessarem à RVI utilizando o *Richie's Plank Experience* (Toast Games, Brisbane, Austrália), um software comercial de RV. Os dados do equilíbrio corporal e da frequência cardíaca foram coletados, respectivamente, por acelerômetros 3D a uma frequência de 100 Hz incorporados em um *smartphone* Android (Redmi Note 9S,

Xiaomi, China), posicionado na parte inferior das costas dos participantes, ao nível de L5-S1, com uma alça de montagem na cintura e um cardiófrequencímetro modelo V800 da marca Polar (Polar Electro Oy – Kempele, Finlândia), fixado no tórax dos participantes, abaixo dos músculos peitorais, com tira elástica própria e com uso de gel condutor para a obtenção dos dados dos intervalos R-R.

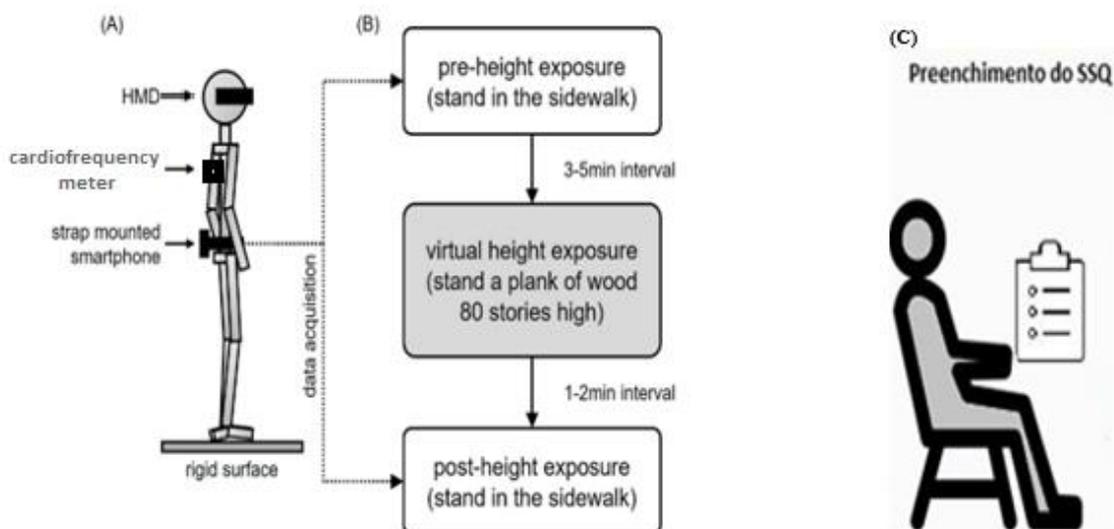
Todos os participantes foram instruídos de que, no momento da coleta dos dados, os pesquisadores salientariam da necessidade de ficarem parados em três momentos da imersão, sendo avisados do início da testagem e do término, quando poderiam relaxar. Antes de iniciar a coleta dos dados autonômicos e posturais, foi verificado se os participantes tinham uma boa visualização da aplicação com o HMD e eles passaram por um momento de familiarização, quando foram solicitados a explorarem o ambiente virtual em solo com movimentos corporais aleatórios, a relatarem o que viam e se conseguiam enxergar o controle manual (por 2 minutos). Confirmada a nítida visualização do cenário, coletou-se por 1 minuto os dados posturais em solo.

Em seguida, num intervalo de 2 a 5 minutos, os participantes se viraram e entraram no elevador seguindo para o 80º andar do arranha-céu, posteriormente ao acionamento do botão de subida com auxílio do controle manual. Chegando no topo e após abertura das portas, andaram até o meio ou final da prancha e pararam novamente para a coleta dos dados por mais 1 minuto. Nem todos os participantes conseguiram sair do elevador, então a coleta dos dados deu-se com o participante parado na porta do elevador, mas também visualizando o cenário de altura. Depois, num intervalo de 1 a 2 minutos, entraram novamente no elevador e acionaram o botão de descida com o controle manual. Quando o elevador parou, as portas se abriram e cada participante foi instruído a sair do mesmo e a ficar parado por mais 1 minuto para a coleta dos dados finais.

Durante toda a imersão foram coletados os dados da VFC, e por 1 minuto coletou-se os dados do deslocamento do CdM nos três diferentes momentos. Além disso, houve supervisão constante da pesquisadora a fim de apoiar os participantes em caso de desequilíbrios e controlar o período de tempo para registro dos dados posturais no *smartphone*, enquanto o outro pesquisador viabilizava o registro dos dados posturais e dos intervalos R-R em programas no computador.

Finalizadas as medições, o HMD, o *smartphone* e o cardiófrequencímetro

foram retirados dos participantes e estes se sentaram para momento de descanso e para responderem ao *Simulator Sickness Questionnaire* (SSQ [ANEXO 3]) com a finalidade de verificar a ocorrência de *cybersickness* (Figura 2).



**Figura 2.** Ilustração dos procedimentos experimentais. (A) Posição dos participantes e equipamentos utilizados. (B) Esquemas dos procedimentos com HMD, dispositivo de RV montado na cabeça. (C) Momento para preenchimento do SSQ após exposição à RVI.

## 2.7. INSTRUMENTOS DE MEDIDA

### 2.7.1. Questionário de Dados Sociodemográficos e Clínicos

Para a caracterização dos voluntários e como um dos recursos para a triagem dos participantes, foi utilizado um questionário com itens referentes aos dados sociodemográficos e clínicos do voluntário, bem como questionamento referente ao grau medo de quedas percebido, pergunta dicotômica (sim/não) em relação à experiência anterior com a RV.

### 2.7.2. Teste do Desenho do Relógio

O TDR é um instrumento que ultimamente vem sendo utilizado para fins de rastreio breve para demência (FREITAS; SIMÕES; 2010). Porém, possui uma ampla aplicabilidade para rastreio de déficit cognitivo porque, para desenhar o relógio, são exigidas funções cognitivas como compreensão verbal, atenção, memória, praxia visuoespacial e funções executivas (FUZIKAWA, 2007).

Uma das formas de avaliar o funcionamento das funções frontais e temporoparietais com o uso do TDR é baseando-se em cinco critérios referentes à qualidade do relógio desenhado, especificados em escores que variam de 1 a 5, com ponto de corte igual a 3 (MONTIEL *et al.*, 2014). O protocolo comumente utilizado compreende solicitar ao examinado que diante de um círculo pré-desenhado, apenas complete com os números dispostos de forma semelhante ao mostrador de um relógio e que marque 11 horas e 10 minutos (SHULMAN *et al.*, 2000).

A variabilidade de protocolos e pontos de corte desenvolvidos por diferentes autores são considerados limitações, dificultando a comparação entre os estudos. Entretanto, apesar desta variação protocolar, atribui-se ao TDR vantagens em relação a sua aplicabilidade como simplicidade, rápida administração, instruções fáceis de serem compreendidas pelo examinado, e ainda o fato de ser considerado adequado para examinar as funções cognitivas da população idosa (FREITAS; SIMÕES, 2010).

O TDR foi traduzido e adaptado em uma amostra de idosos brasileiros, apresentando boa validade de construto em relação a outros dados da literatura (ATALAIA-SILVA; LOURENÇO, 2008). Com o objetivo de enquadrar no estudo idosos que pudessem entender e executar, satisfatoriamente, as instruções durante a realização da coleta dos dados posturais com uso da RV e de outros instrumentos, é que optamos por utilizar nesta pesquisa um instrumento de rastreio cognitivo breve, o TDR na versão de Shulman *et al.* (2006), conforme procedimento descrito em um estudo que forneceu dados normativos do TDR para idosos, considerando a escolaridade e diferenças de idade (ESTEVES *et al.*, 2022).

### **2.7.3. FES-I-BRASIL**

A FES é um instrumento que avalia o medo de cair em idosos durante a realização de tarefas de vida diária simples. O medo, nesta escala, é considerado como a baixa autoeficácia em relação a quedas durante a execução de tais atividades (TINETTI; RICHMAN; POWELL, 1990). Pesquisadores subsequentes aos criadores da escala, julgaram como limitação as 10 questões que compõem a FES restringirem-se às atividades no interior do domicílio, abarcando dificuldades que só idosos frágeis relatariam, excluindo-se conseqüentemente os idosos com

funcionalidade preservada e que, porventura, executariam atividades sem restrição fora do domicílio. Assim, a FES foi reformulada com acréscimo e retirada de itens e traduzida para diferentes idiomas e culturas, derivando a FES Internacional (FES-I) (YARDLEY *et al.*, 2005).

Nesta pesquisa, utilizamos a versão brasileira da FES-I, que foi traduzida e validada para uso na população idosa brasileira residente na comunidade para avaliar diferentes graus de medo de queda durante a execução de atividades de vida diária. Composta por 16 questões com respostas que variam de 1 a 4 em uma escala do tipo *Likert*, a soma total dos pontos pode variar de 16 a 64 indicando, respectivamente, ausência de preocupação com quedas e preocupação extrema com quedas (CAMARGOS *et al.*, 2010). A classificação quanto ao grau de medo apresenta pontos de corte que indicam baixa preocupação (16 a 19 pontos), moderada preocupação (20 a 27 pontos) e alta preocupação (28 a 64 pontos) (DELBAIRE *et al.*, 2010).

#### **2.7.4. WHOQOL- bref**

O WHOQOL-100 possui a versão abreviada, o WHOQOL-bref, que consiste num questionário contendo 26 itens referentes aos domínios físico, psicológico, meio ambiente e de relações sociais, sendo as duas questões iniciais concernentes à qualidade de vida e saúde de forma generalizada (WHOQOL GROUP, 1998). As respostas das demais questões distribuídas nos referidos domínios, seguem uma escala do tipo *Likert* com escores que variam de 1 a 5. A melhor percepção quanto a qualidade de vida é determinada por uma maior pontuação resultante do escore médio de cada domínio (SILVA *et al.*, 2014).

Um estudo de levantamento indicou a crescente e progressiva utilização do WHOQOL-bref há mais de duas décadas, sendo o Brasil o país com maior número de publicações de pesquisas com o uso do instrumento, inclusive para avaliação da qualidade de vida de idosos brasileiros (KLUTHCOVSKY; KLUTHCOVSKY, 2009). Este instrumento foi traduzido para o idioma português e testado na população brasileira, apresentando satisfatórias consistência interna, validade discriminante, validade de critério, validade concorrente e fidedignidade teste-reteste para seu uso (FLECK *et al.*, 2000).

O WHOQOL-bref foi utilizado nos participantes da presente pesquisa em

virtude de ser um instrumento apresentado na literatura com características psicométricas satisfatórias para utilização na avaliação da qualidade de vida da população idosa brasileira (CHACHAMOVICH, 2005) e para caracterizar a amostra quanto a esse constructo, bem como para verificar a relação com os resultados da FES-I-Brasil. Para calcular seus escores, foi utilizada uma ferramenta desenvolvida a partir do software Microsoft Excel, que apresentou resultados idênticos aos obtidos no software estatístico *Statistical Package of Social Sciences* (SPSS) e obedeceu a sintaxe proposta pelo Grupo WHOQOL durante seu desenvolvimento (PEDROSO *et al.*, 2010).

### **2.7.5. SSQ**

O SSQ é um instrumento que foi criado para estudar os efeitos do uso da RV (CARVALHO; COSTA; NARDIS, 2011), verificando a ocorrência de *cybersickness* e é o método de medidas subjetivas mais utilizado no meio científico para esta finalidade (TOLLINI, 2020). *Cybersickness* ou *Simulator Sickness* é a sensação desagradável experimentada por algumas pessoas em decorrência do acesso a ambientes virtuais. Alguns sintomas englobam, entre outros, desconforto geral, dor de cabeça, náuseas e sudorese. Tais sintomas ocorrem porque embora o indivíduo esteja parado, tem uma sensação de movimento induzida pelas imagens provenientes dos recursos virtuais (MARTINS; AZEVEDO, 2020).

O SSQ consiste em um questionário composto por 16 sintomas diferentes agrupados nas categorias “náusea”, “oculomotor” e “desorientação” que são medidos de acordo com a sua severidade (MARTINS; AZEVEDO, 2020). A cada sintoma é atribuída uma classificação de acordo com a sensação experimentada durante o uso da RV que deve ser relatada pelo usuário, a saber “não sentir aquele sintoma/nada”, “fraco”, “moderado” e “forte” convertidas, respectivamente, para os valores 0, 1, 2 e 3. Cada categoria de sintomas recebe um peso específico que deve ser multiplicado pelos valores resultantes da sensação relatada pelo usuário. A soma dos resultados de cada agrupamento é multiplicada por um novo peso específico, que resulta no escore total indicativo da gravidade dos sintomas (CARVALHO; COSTA; NARDI, 2011).

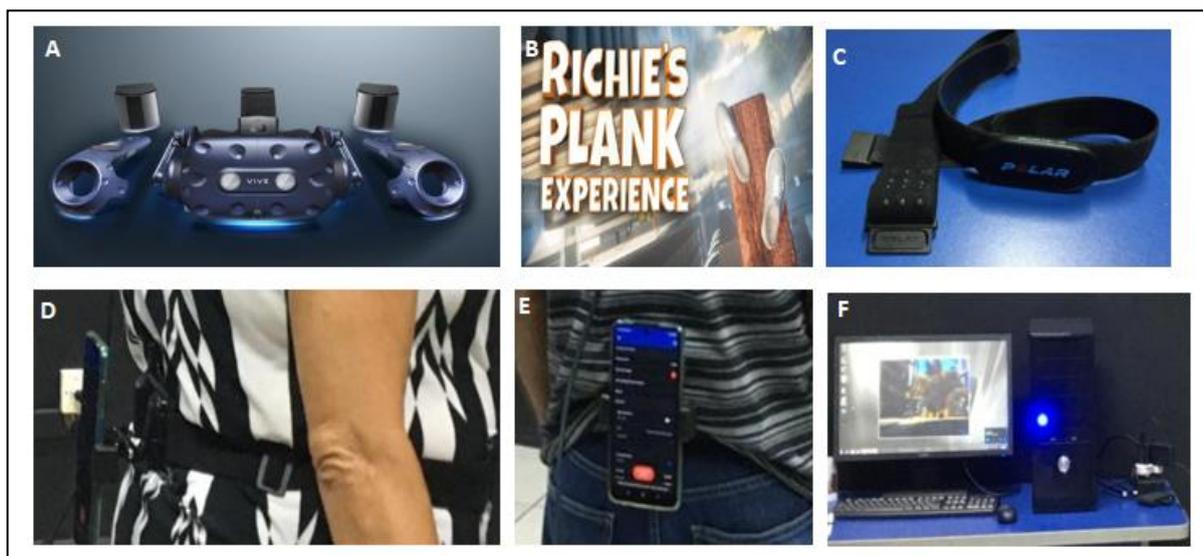
Pontuações mais altas em cada agrupamento indicam sintomas em um nível mais forte percebidos pelo usuário. É sugerido que as pontuações totais estejam

associadas a classificações compreendidas como "insignificante" quando forem menores que 5, "mínimo" quando variar de 5 a 10, "significativo" quando variar de 10 a 15, "sintomas" quando variar de 15 a 20 ou "ruins" quando forem maiores que 20 (BIMBERG; WEISSKER; KULIK, 2020).

Este instrumento foi utilizado neste estudo para verificar se houve a ocorrência de *cybersickness* durante a imersão por ser muito utilizado em pesquisa e pela comprovação estatística de sua eficácia para o referido objetivo (MARTINS; AZEVEDO, 2020), além de ter sido traduzido e adaptado para o português brasileiro com equivalência semântica adequada à população brasileira (CARVALHO; COSTA; NARDIS, 2011).

### **2.7.6. Materiais utilizados**

Para a exposição à RVI e coleta dos dados posturais foram utilizados um HMD e um dos controles manuais de RV sem fio e sensores contidos no Kit HTC VIVE Pro, o software *Richie's Plank Experience* desenvolvido pela Valve, um computador de mesa, um *smartphone* Android com acelerômetros 3D incorporados, juntamente com o aplicativo móvel MATLAB (Math Work, EUA) e uma alça de montagem para posicionamento do *smartphone* junto ao corpo e um cardiofrequencímetro modelo V800 da marca Polar (Polar Electro Oy – Kempele, Finlândia) (Figura 3).



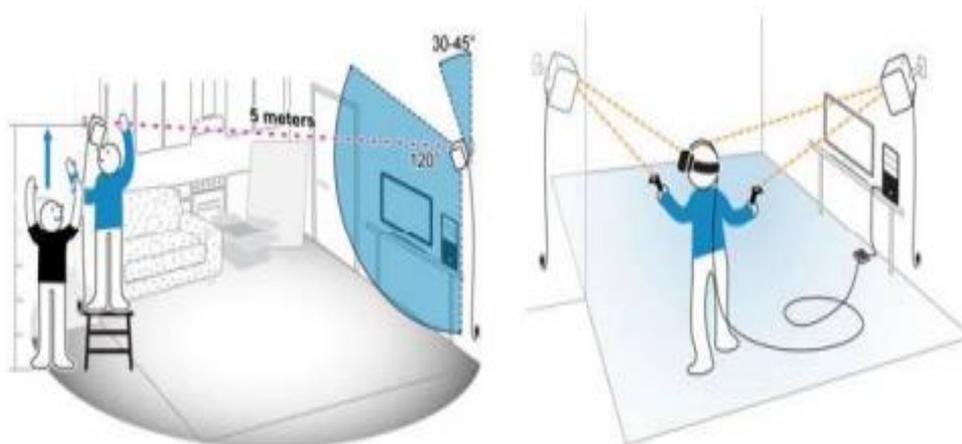
**Figura 3.** Materiais utilizados para coleta de dados posturais e autonômicos: (A) Kit HTC VIVE Pro (HMD, 2 controles manuais e 2 estações base); (B) Software de RV *Richie's Plank Experience*; (C) cardiofrequencímetro; (D) cinta ajustável com suporte para celular na cintura de uma participante; (E) *smartphone* com o aplicativo MATLAB em funcionamento na cintura de um participante, e; (F) computador de mesa exibindo uma das cenas da experiência imersiva visualizada pelo participante. (Figuras A e B extraídas do site Toast VR).

### **O HMD - HTC Vive Pro**

O HTC VIVE Pro é um hardware do tipo HMD para RV criado pela HTC Corporation e desenhado juntamente com a editora de jogos Valve Corporation, e é vendido na loja Steam ou na loja *on-line* da HTC. Suas especificações técnicas compreendem um áudio espacial de alta resolução 3D, tela dupla AMOLED de 3,5" na diagonal, resolução 1440 x 1600 *pixels* por olho (2880 X 1600 *pixels* combinados), taxa de atualização de 90 Hz e campo de visão de 110 graus, fones de ouvido com certificado de alta resolução (Hi-Res) e sensores como os de rastreamento SteamVR, giroscópio, proximidade, *Eye Comfort Setting* (IPD), além de ergonomicamente proporcionar alívio para os olhos por meio da possibilidade de ajuste inter pupilar das lentes e de possuir fones de ouvido e as faixas da cabeça ajustáveis (HTC Corporation, 2018).

O Kit do HTC VIVE contém o Vive Pro Headset (fones de ouvido certificado de alta resolução), duas bases de Steam VR, dois controles manuais (versão 2015) e

Suporte VR 2.0 *Room-scaletracking* (Figura 3A). Os sensores de movimento (bases de SteamVR) devem ser posicionados em uma área delimitada de 5 X 5 metros para que em conjunto com os sensores do HMD e controles manuais capturem os movimentos realizados pelo usuário e os transmitam fluidamente para a aplicação utilizada, proporcionando maior sensação de imersão (Figura 4) (ALVES *et al.*, 2017).



**Figura 4.** Disposição das estações base e distância requerida para a utilização do HTC Vive (ilustração extraída do manual HTC Vive Pro).

Apesar das vantagens no equipamento como fácil instalação, possibilidade de uso de óculos de grau dentro do HMD, controles fáceis de manusear, captação fluída dos movimentos e grande capacidade imersiva e de interação entre usuário e ambiente virtual, algumas desvantagens como requisição de grande área para uso, preço elevado e exigência de um computador com especificações de sistema altas foram observadas (ALVES *et al.*, 2017).

### ***Aquisição e processamento do deslocamento corporal***

O deslocamento corporal foi registrado por meio de acelerômetros 3D (gama  $\pm 8g$ ; IMC160, Bosch Sensortec GmbH, Alemanha) embutido no *smartphone* Android (Redmi Note 9S, Xiaomi, China), posicionado na região lombar dos participantes, na altura de L5-S1, com cinta de fixação na cintura (Figura 2A). As acelerações nos eixos X (lateral) e Z (ap) foram adquiridas por meio do MATLAB Mobile App (MathWork, EUA) a uma taxa de amostragem de 100 Hz. O registro de dados foi

enviado para uma conta na nuvem e depois processado no ambiente MATLAB®. O processamento envolveu remoção média, filtragem passa-baixa de 3,5 Hz (Butterworth 2ª ordem; Mancini et al., 2011) e transformação para um sistema de coordenadas horizontal-vertical (Moe-Nilssen e Helbostad, 2002). Os primeiros 10s foram então excluídos para evitar movimentos indesejados relacionados ao início da tarefa. Os 50s restantes (5.000 pontos) foram usados para calcular o valor da raiz quadrada média (RMS) para cada eixo, juntamente com intervalo de confiança de 95% de uma área ajustada aos dados.

### ***Exposição à altura virtual***

Utilizamos o software para RV *Richie's Plank Experience* para proporcionar ao participante experiências imersivas em dois níveis de altura, no solo e a grandes alturas, esta equivalente a estar no 80º andar de um arranha-céu. *Richie's Plank Experience* é uma aplicação de RVI criada em 2016 pela desenvolvedora Toast VR para fins de entretenimento e que testa o medo de altura do usuário durante a execução da tarefa de percorrer uma prancha de madeira suspensa no último andar de um arranha-céu de 80 andares (TOAST, 2017) , requerendo demandas cognitivas e motoras tais como atenção, concentração e controle motor para a manutenção do equilíbrio.

A experiência inicia-se em solo, na calçada de um arranha-céu semi-realista com a possibilidade de visualização da paisagem do entorno compreendida pelo tráfego de uma cidade com transportes automotores em movimento, prédios e árvores. No momento em que o participante se vira, depara-se com um elevador a sua frente e ao adentrar no mesmo, aponta para um painel sobre o botão indicativo de subida do elevador com o auxílio de controles manuais do kit HTC Vive Pro. O elevador sobe até o 80º andar do arranha-céu e quando as portas se abrem, o usuário vê a prancha de madeira suspensa para além da saída do elevador, o céu e o topo dos demais prédios. É possível percorrer até o final da prancha, se conseguir, ou ficar parado na porta do elevador. Ao recuar no elevador, retorna-se ao solo após apontar novamente o controle manual para o painel sobre o botão indicativo de descida, quando será possível rever as cenas iniciais da experiência ao sair do elevador e alcançar a calçada (Figura 5). A Figura 6 apresenta um participante durante a coleta dos dados posturais e autonômicos.





**Figura 5.** Cenas visualizadas pelo participante durante a experiência: (A) Em solo, o tráfego da cidade; (B) dentro do elevador; (C) visualização pela porta do elevador no 80º andar do arranha-céu da prancha de madeira a ser percorrida.(Imagens extraídas do site da TOAST VR).



**Figura 6.** Participante durante a coleta dos dados posturais e autonômicos.

## 2.8. DESFECHOS

### 2.8.1. Desfecho primário

O desfecho primário foi o registro das variáveis da oscilação corporal durante o equilíbrio postural estático (RMS da aceleração do deslocamento postural nos sentidos ap e ml e área de elipse) nas respectivas condições da RVI: a nível do solo, a grandes alturas (80º andar do prédio) e, novamente, a nível do solo.

### 2.8.2. Desfechos secundários

Os desfechos secundários foram a verificação da VFC (intervalos R-R); a autoeficácia em relação a quedas (medo de cair) nas atividades cotidianas verificada por meio da FES-I-Brasil; a qualidade de vida avaliada por meio do instrumento WHOQOL-bref, e; a ocorrência de *cybersickness* verificado por meio do SSQ.

## 2.9. ANÁLISE DOS DADOS

Como a maior parte do vetor de dados se ajusta a uma distribuição gaussiana (Shapiro Wilk's  $P > 0,086$ ), uma abordagem paramétrica foi aplicada. Uma ANOVA bidirecional de medidas repetidas foi usada para verificar o efeito principal e a interação entre os testes (pré-exposição à altura *versus* pós-exposição à altura) e grupo (baixa-moderada *versus* alta pontuação no FES-I-Brasil). A diferença individual padronizada exposição pós-altura menos pré-altura dividida pelo desvio padrão das diferenças agrupadas (ESTRADA; FERRER; PARDO, 2019) foi calculada para cada medida de oscilação corporal e comparada com o valor zero por meio de uma amostra do Teste-t. O tamanho do efeito foi expresso como Eta quadrático ( $\eta^2$ ) para ANOVA e d de Cohen para o Teste t. A relação entre as medidas de oscilação corporal e os escores da FES-I-Brasil foi estimada com a análise do coeficiente de correlação de Pearson. O limite estatístico foi fixado em 5%. Todas as análises referentes ao deslocamento corporal e ao instrumento FES-I-Brasil foram feitas no ambiente JASP (versão 0.16.4, JASP Team 2022, Holanda), e as análises referentes aos instrumentos WHOQOL-bref e SSQ foram realizadas no programa Excel.

## CAPÍTULO 3. RESULTADOS

A amostra foi composta por 13 idosos robustos, sendo 10 do sexo feminino, com (média  $\pm$  DP)  $67,7 \pm 5,2$  anos de idade,  $68 \pm 15,7$  kg de massa corporal,  $1,55 \pm 0,05$  metros de estatura,  $27,9 \pm 6,4$  kg/m<sup>2</sup> de índice de massa corporal. A distribuição dos participantes quanto ao estado civil indicou que 6 eram casados, 4 viúvos, 2 solteiros e 1 divorciado. Somente uma participante relatou exercer atividade laborativa remunerada atualmente. Em relação ao nível de escolaridade, 4 participantes relataram possuir formação de nível médio, 7 de nível fundamental, 1 ser analfabeto e outro, apenas saber ler e escrever. Somente 3 participantes confirmaram a ocorrência de quedas nos últimos 6 meses anteriores à pesquisa, sendo 2 do sexo feminino. E 4 participantes relataram ter tido Covid-19, dentre os quais um do sexo masculino. Nenhum destes, necessitou de reabilitação pós-queda ou pós-Covid-19. Na medição da antecipação do medo de quedas futuras com pergunta única, 6 idosos relataram não ter medo, 6 pouco medo e apenas 1 disse ter muito medo de cair.

Nos resultados do TDR, apenas uma participante ficou abaixo do ponto de corte de acordo com os critérios propostos por Shulman *et al.* (2006), mas não foi excluída das etapas seguintes do estudo sob a justificativa de sua baixa escolaridade (analfabeta) (ESTEVES *et al.*, 2022) e, por objetivarmos com o teste verificar as funções executivas e capacidade de compreensão para cumprir os comandos dos testes posteriores, o que foi possível.

O perfil dos participantes quanto ao uso da RV anteriormente, retratou que apenas 2 idosas haviam tido contato com a RVI por meio de um HMD. Na experiência de nosso estudo com o *Richie's Plank Experience*, 6 participantes não conseguiram sair do elevador, 2 saíram sem andar sobre a prancha e 5 saíram e percorreram toda a prancha. Desses, apenas duas participantes fizeram autorrelato de acrofobia.

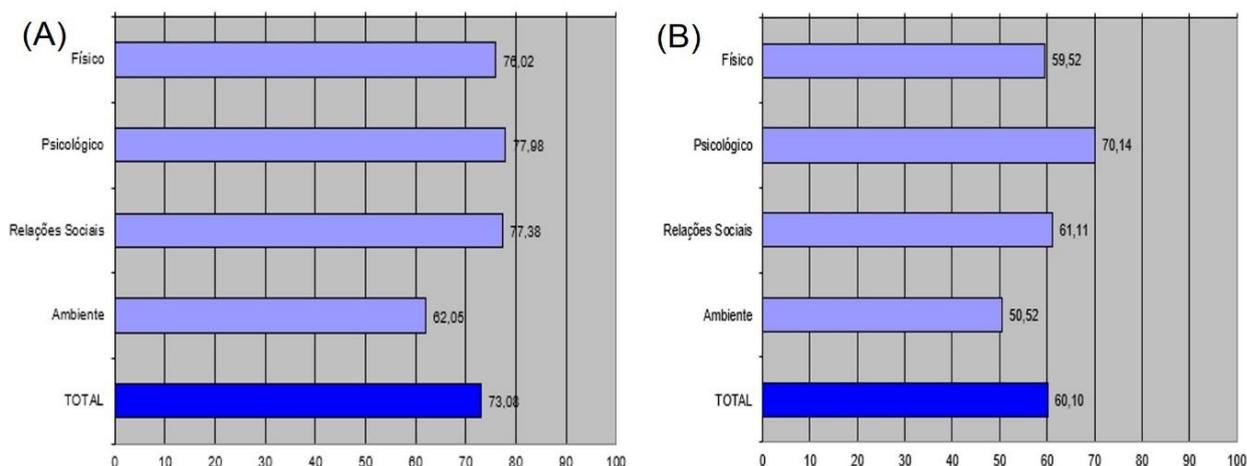
Os participantes foram agrupados de acordo com suas pontuações FES-I-Brasil como baixo-moderado (pontuações abaixo de 27) e alto medo de quedas (pontuações acima de 28) (DELBAERE *et al.*, 2010). As características demográficas, antropométricas e funcionais dos grupos de participantes apresentam-se na Tabela 1.

**Table 1.** Demographic, anthropometric, and functional characteristics of the sample.

Variable	low-mod. (N=7)	high (N=6)	P-value*
Sex (F/M)	4/3	6/0	0.067
Age (years)	70±6	66±3	0.157
Weight (kg)	61.3±10.0	75.8±18.6	0.098
Height (m)	1.57±0.06	1.55±0.03	0.441
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	24.9±4.6	31.6±6.8	0.058
WHOQOL (score)	16±2	13±2	0.007
FES-I (score)	23±4	36±5	<0.001
Previous falls (Y/N)	1/6	2/4	0.416
Acrophobia (Y/N)	0/7	2/4	0.097
Previous VR experience (Y/N)	0/7	2/4	0.097
VHE performance (C/P)	5/2	2/4	0.170
Cybersickness symptoms (Y/N)	3/4	4/2	0.391

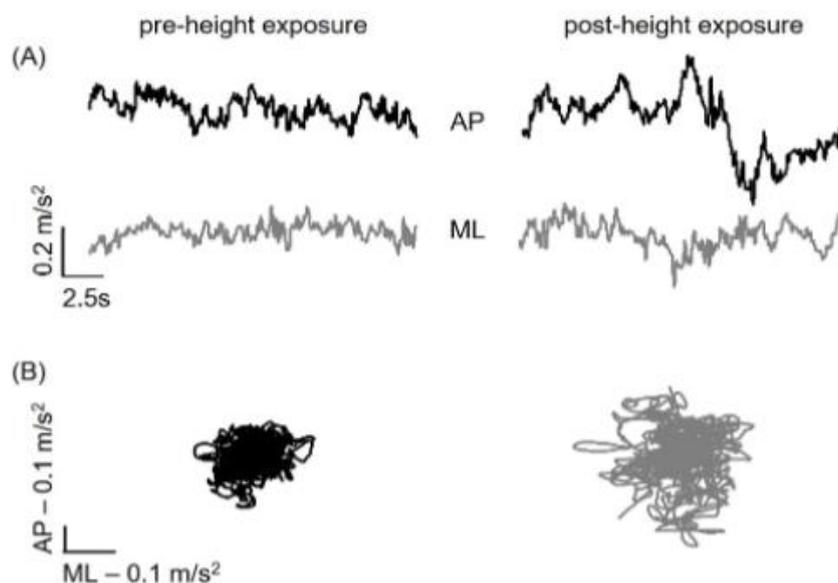
**Tabela 1:** **F/M:** feminino/masculino; **RV:** realidade virtual; **VHE:** exposição de altura virtual. **C/P:** completa VHE/ parcialmente VHE. \*Teste-t independente para dados numéricos e teste qui-quadrado para dados categóricos (tabela gerada no programa Jasp).

Os resultados do WHOQOL-bref mostraram um escore de  $16 \pm 2$  (média  $\pm$  DP) para o domínio físico no grupo baixo e moderado medo, e de  $13 \pm 2$  para o grupo alto medo de cair. E um escore total, considerando todos os domínios, de  $15,69 \pm 2$  para o grupo baixo e moderado medo e de  $13,62 \pm 2$  para o grupo alto medo. Em percentuais, esses escores revelam que a qualidade de vida do grupo baixo e moderado medo (73%) é melhor que o grupo alto medo (60%) (Figura 7A e B).



**Figura 7.** WHOQOL-bref. (A) média em percentuais do grupo baixo e moderado medo por domínio (azul-claro) e percentual total (azul-escuro). (B) grupo alto medo de cair (gráfico gerado no programa Excel).

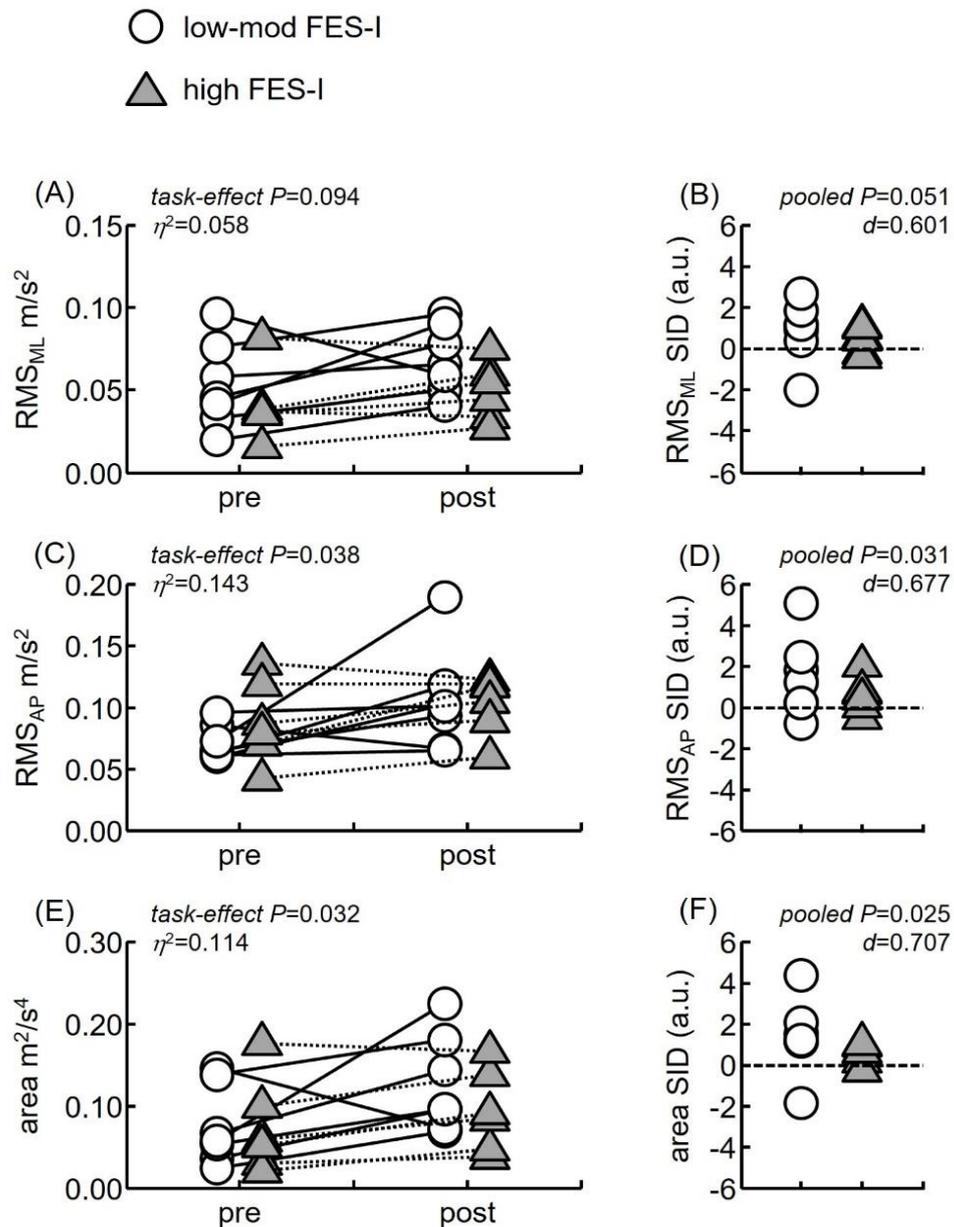
Os dados representativos de um participante quanto ao deslocamento corporal antes e depois da experiência imersiva são mostrados na Figura 8. Um grande deslocamento corporal no sentido ap (linhas pretas) é evidente em ambos os momentos, sendo ligeiramente superior no teste de exposição pós-altura (painéis à direita).



**Figura 8.** Representação do deslocamento corporal de um participante representativo (#1, homem, 72 anos, baixo-moderado FES-I-Brasil) em testes de exposição pré e pós-altura. (A) Série temporal de saída do acelerômetro nas direções ap (linhas pretas) e ml (linhas cinzas); para fins ilustrativos, apenas uma janela de 20 segundos foi mostrada. (B) Representação 2D da aceleração na exposição pré (linhas pretas) e pós-altura (linhas cinza).

A análise de grupo revelou um efeito principal significativo para testes de  $RMS_{ap}$  ( $F=5.579$ ,  $P=0.038$ ,  $\eta^2=0.143$ ) e área ( $F=6.028$ ,  $P=0.032$ ,  $\eta^2=0.114$ ), mas não para  $RMS_{ml}$  ( $F=3.356$ ,  $P=0.094$ ,  $\eta^2=0.058$ ). Não houve efeito principal significativo para grupo ou interação para qualquer medida (valores de p da ANOVA sempre  $>0,114$ ). A exposição à altura virtual promove um aumento geral da oscilação corporal, principalmente no sentido ap (Figura 9A, C e E).

Esses resultados foram confirmados com a análise da diferença individual padronizada. Diferença significativa do valor zero foi encontrada para  $RMS_{ap}$  ( $P=0.031$ ,  $d=0.677$ ; Figura 9D) e área ( $P=0.025$ ,  $d=0.707$ ; Figura 9F), mas não para  $RMS_{ml}$  ( $P=0.051$ ,  $d=0.601$ ; Figura 9B). A diferença individual padronizada foi predominantemente positiva (77 à 85% dos dados dos indivíduos), correspondendo a um aumento geral da oscilação corporal.

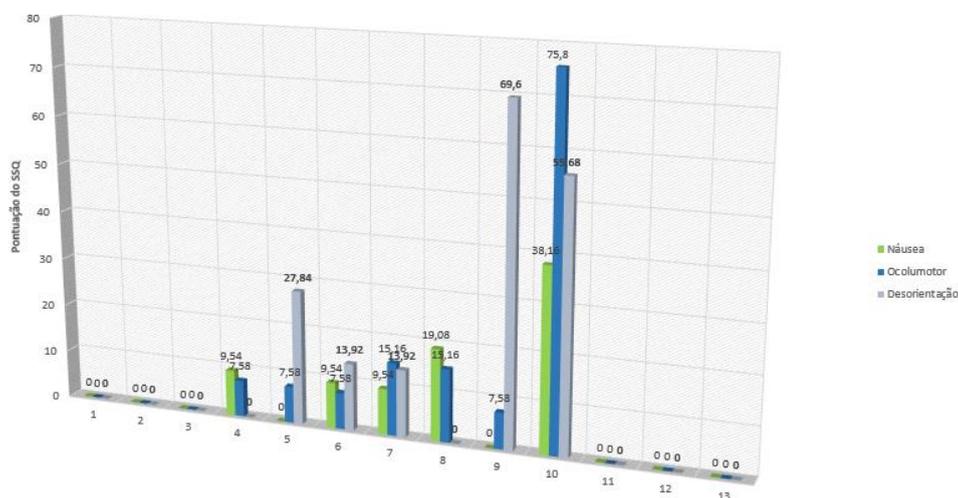


**Figura 9.** Gráfico do tipo antes-depois dos dados individuais da aceleração (A, C e E) e da diferença individual padronizada (B, D e E). Dados de baixa-moderada (círculos brancos) e altas pontuações FES-I-Brasil (triângulos cinzas) foram mostrados separadamente. Os valores de  $p$  e o tamanho do efeito das estatísticas foram mostrados como inserção (veja o texto para mais detalhes).

A análise do coeficiente de correlação de Pearson resulta em nenhuma relação significativa entre a oscilação corporal e as pontuações FES-I (todos valores de  $p > 0.089$ ).

Importante salientar que devido a perda de dois idosos durante a coleta dos dados posturais, a amostra passou a ser de 13 participantes resultando em um poder estatístico de aproximadamente 74,74%, no lugar dos 80% considerados inicialmente no cálculo amostral.

O SSQ foi utilizado para a verificação de ocorrência de *cybersickness* e revelou que dos 13 participantes, 7 apresentaram sintomas em níveis variados de acordo com a escala de 0 a 3 (nada a forte) nas categorias “náusea”, “oculomotor” e “desorientação”. Destes 7, 4 pertenciam ao grupo alto grau de medo de cair e apresentaram intensidade dos sintomas variando de 1 (fraco) a 3 (forte), enquanto que os do grupo baixo e moderado medo de cair apresentaram intensidades variando de 1 a 2 nas três categorias. Os participantes 9 e 10 (grupo alto medo de cair), que autorrelatarem acrofobia, apresentaram sintomas mais fortes, principalmente nas categorias “oculomotor” e “náusea”. A Figura 10 mostra a disposição dos participantes e a pontuação do SSQ indicativa do grau dos sintomas relatados.



**Figura 10.** Disposição dos participantes e a pontuação do SSQ de acordo com os sintomas relatados.

## CAPÍTULO 4. DISCUSSÃO

A indução de respostas emocionais, fisiológicas e posturais por meio da elevação da superfície de suporte tem sido foco de diversos estudos relacionados ao controle do equilíbrio, mas a variabilidade protocolar, metodológica e do tamanho da amostra podem justificar a inconsistência retratada nos diferentes resultados (BZDÚŠKOVÁ, 2022). Em nossa pesquisa utilizando a RVI, expusemos uma amostra de 13 idosos robustos em posição ortostática parada com a base fechada, em condição paralela a uma prancha suspensa a grandes alturas, para induzir respostas emocionais como medo e ansiedade, coletando os dados autonômicos (VFC) e posturais (aceleração do CdM e área de elipse) antes e depois da experiência de altura. Nossa hipótese alternativa foi de que a altura elevada desencadearia, mesmo em idosos, as referidas respostas emocionais e, conseqüentemente, percepção de ameaça postural ocasionando um enrijecimento muscular, resultante do acionamento das estratégias de tornozelo, sendo evidenciado pela redução da oscilação corporal na direção da ameaça postural (ADKIN; CARPENTER, 2018), esta no sentido lateral à passarela, assim como uma maior oscilação no sentido ap, considerando o movimento descontrolado no sentido ortogonal à ameaça postural conforme sugerem as teorias modernas sobre o controle de equilíbrio (RAFFEGEU *et al.*, 2020).

Nossos resultados não puderam evidenciar a ocorrência de respostas emocionais com reflexo nas alterações autonômicas, objetivamente, porque os dados da VFC não foram utilizados até o presente momento, e também não houve questionamento após elevação virtual de altura se os participantes apresentaram medo ou ansiedade. No entanto, mostraram que a exposição à altura virtual promoveu um aumento geral na oscilação corporal, principalmente na direção ap nos momentos pré e pós-exposição à altura (Figura 7). Embora tenha havido oscilação ml, os valores não foram estatisticamente significativos porque a oscilação ocorreu em grau pequeno no sentido ml. Já para oscilação ap e área há valores de oscilação significativos, pois houve um aumento na oscilação. Tal achado, converge com a nossa hipótese alternativa tanto para o aumento da oscilação corporal no sentido ortogonal à ameaça quanto para um menor grau da oscilação no sentido ml (sentido da ameaça), corroborando com as teorias modernas sobre os sistemas de controle motor, especificamente a Teoria da Variabilidade não controlada, que sugere que

durante a posição ortostática parada, o referido sistema atua no sentido de manutenção de tal postura, reduzindo a variabilidade de movimentos no subespaço relevante à realização da tarefa, e permitindo variabilidade descontrolada nos parâmetros sem relevância para o sucesso da tarefa (FIGUEIREDO, 2019; RAFFEGEAU *et al.*, 2020). Assim, uma ameaça postural no sentido lateral em um indivíduo posicionado paralelamente a uma prancha virtual suspensa, conforme ilustrado em nosso estudo, levou a um aumento não significativo do ponto de vista estatístico da oscilação corporal ml, que ocorreu, supostamente, para evitar uma queda, enquanto ocorria um movimento descontrolado na direção ap sem influência na realização da tarefa.

Conforme apresentado no estatocinesiógrama (Figura 8), há discreta oscilação nos sentidos ap e ml no período de imersão pré-exposição à altura. Essa variabilidade, ainda que discreta, pode ser explicada pelo posicionamento em base fechada, no qual os idosos se encontravam, tendo em vista que a diminuição da base de suporte pode levar a redução da estabilidade, refletindo em um aumento na oscilação corporal (VIEIRA, 2007), ou ainda levar a limitação de ajustes pequenos e rápidos na oscilação ml por termos os sistemas de controle de equilíbrio agindo como um pêndulo invertido (WINTER, 1995). Desta forma, não é possível concluir se a pequena oscilação pré-exposição a altura foi gerada pelos estímulos visuais propiciados pela RVI no momento solo ou se seria um mecanismo de controle motor inerente à posição e ao objetivo da tarefa (manter-se em ortostatismo parado).

Tradicionalmente a oscilação postural tem sido vista como um erro ou atraso no *feedback* sensorial, durante a tentativa de manutenção do equilíbrio na postura de pé em humanos, quando a linha de gravidade através do CdM está dentro da base de suporte ao enfrentar contínuas perturbações. Porém, o estudo de CARPENTER; MURNAGHAN; INGLIS (2010) que isolou o CdM em relação ao CdP de indivíduos jovens em diferentes condições visuais, reforçou com seus resultados que a oscilação postural ocorre em decorrência de um mecanismo exploratório do sistema de controle postural com objetivos de obtenção de informações sensoriais periféricas por meio de estímulos dos receptores sensoriais do corpo na posição parada em relação ao ambiente, possibilitando o rastreamento dos limites de estabilidade. Desta forma, considerando este mecanismo exploratório, é possível supor que o aumento da oscilação é uma estratégia positiva em idosos, que garante ao Sistema Nervoso Central (SNC) a detecção de informações sensoriais periféricas

para a manutenção da estabilidade corporal. Então, os estímulos visuais realísticos de altura proporcionados pela RVI em nosso estudo, podem ter desafiado a estabilidade postural dos idosos acionando o referido mecanismo, explicando o aumento da oscilação e revelando o adequado funcionamento do SNC diante das alterações sensoriais características da senescência.

No estudo de Davis *et al.* (2009), foi verificado que há uma diferença nas estratégias de controle da postura a grandes alturas entre pessoas que têm e que não têm medo de cair. Para isso, 36 mulheres jovens saudáveis foram submetidas a um teste em que se posicionaram na borda de uma plataforma de força, que foi elevada a quatro níveis de altura e sob três condições visuais: olhos abertos, fechados e abertos com visão periférica obstruída, tanto vertical quanto horizontalmente com um alvo fixo na altura dos olhos a 3,87 m de distância a fim de prevenir vertigem. Todas as participantes relataram ansiedade e 10 relataram medo durante a elevação da superfície. As temerosas apresentaram um aumento na frequência média de potência (MPF) e aumento na RMS do deslocamento do CdP com altura crescente, enquanto os resultados das não temerosas foram iguais para MPF e diminuídos para RMS do deslocamento do CdP, evidenciando assim, um aumento do deslocamento ap do CdP para ambos os grupos, com maior magnitude no grupo com medo com ênfase num maior deslocamento posterior em relação a borda da plataforma e que de acordo com a sensação de medo, que pode ser propiciada pela altura elevada, diferentes estratégias posturais são recrutadas. Embora haja diferença entre nosso estudo e o de Davis *et al.*(2009) quanto as superfícies de suporte e experiência de altura, real e virtual, há uma concordância nos resultados, no sentido de que há uma oscilação geral, mas esta se apresenta maior em indivíduos temerosos. Um outro ponto importante abordado por Davis *et al.* (2009) é que a ausência de um alvo visual para fixar o olhar a grandes alturas, pode gerar um aumento da oscilação postural em decorrência de vertigem gerada pelo aumento da distância do olho e horizonte a grandes alturas. Em nosso estudo, não foi solicitado que os participantes fixassem o olhar em algum ponto fixo ou específico da aplicação, o que pode ter levado a variações entre a distância do olho e algum alvo e, conseqüente aumento da oscilação.

Para análise dos resultados do WHOQOL-bref e SSQ optamos por comparação simples entre as médias apresentadas, não levando em consideração fatores estatísticos, por se tratarem de testes com viés qualitativo diante da

subjetividade das respostas dos participantes. Entretanto observamos algumas diferenças nos resultados entre os grupos baixo e moderado medo de cair e alto medo de cair.

Apresentamos na Tabela 1 a comparação dos valores das médias com desvio padrão das respostas às facetas correspondentes ao domínio físico do WHOQOL-bref entre os dois grupos de idosos e na Figura 7, o resultado dos escores em percentual tanto para os diferentes domínios do WHOQOL-bref quanto para pontuação total do teste. Verificamos que o grupo de idosos com alto medo de cair apresentou média e percentuais menores para o domínio físico e qualidade de vida em geral em relação ao grupo baixo e moderado medo de cair, revelando uma diminuição na qualidade de vida daqueles. Considerando que o medo de cair está relacionado com a restrição das atividades e diminuição na qualidade de vida (SCHOENE *et al.*, 2019), a utilização deste instrumento e a intervenção fisioterapêutica para questões relacionadas aos déficits de equilíbrio ou preventiva a quedas com uso da RVI nos idosos robustos podem ser eficazes para avaliar os sistemas de equilíbrio, fornecer estímulos desafiadores aos mesmos estimulando a aprendizagem motora (REBÊLO *et al.*, 2021) e aumentar a adesão ao tratamento por se tratar de recurso hedônico (MASCRET *et al.*, 2020). Consequentemente, pode contribuir para melhorar a autoeficácia em relação às quedas, diminuir a restrição das atividades de vida diária e melhorar a qualidade de vida.

A respeito dos resultados do SSQ, verificamos que dois dos idosos que apresentaram sintomas mais severos de acordo com os resultados pertenciam ao grupo alto medo de quedas e que, além de não terem usado RVI anteriormente e terem autorrelatado acrofobia, apresentaram uma maior oscilação corporal na pós-exposição a RVI de altura, corroborando com a Teoria da Instabilidade Postural, embora também estivessem posicionados com os pés em base fechada demandando mais dos sistemas de controle motor. Também podemos sugerir que os sintomas de *cybersickness* observados nos resultados do SSQ surgiram, especificamente nestes participantes, por consequência dos estímulos ansiogênicos proporcionados pela experiência de altura realística, comuns em pessoas que experimentam o estressor altura em situações reais, comprovando assim a capacidade imersiva da aplicação e do HMD utilizado.

### **Limitações do estudo**

As limitações de nosso estudo compreendem o tamanho amostral diante da grande população idosa, apesar de se tratar de estudo piloto; a não computação dos dados da VFC como meio de verificar objetivamente alterações autonômicas oriundas do processamento emocional frente aos estímulos virtuais de altura; a realização da captação dos dados somente em base fechada e sem experiência diferente da de altura para comparar os resultados; o alto custo e requisitos para uso do equipamento que podem dificultar o acesso para a prática clínica, e; a existência de fios conectores entre HMD HTC VIVE e o computador, fator que pode levar a apreensão durante a realização da tarefa por parte do participante quanto a ocorrência de quedas, o que nos gera aspirações de optarmos pelo uso do HMD Queest em estudos futuros devido a ausência de fios, menor custo, maior resolução (3664 x 1920 *pixels*) e possuir compatibilidade para leitura do software utilizado nesta pesquisa.

## 4.1. CONCLUSÕES

O aumento global do deslocamento corporal perante a experiência virtual de altura elevada sugere um adequado funcionamento dos sistemas de controle de equilíbrio corporal dos idosos temerosos e não temerosos a quedas participantes deste estudo com base nas teorias de controle de equilíbrio discutidas, supondo que a metodologia de uso de um HMD de RVI associado com software de altura pode viabilizar a avaliação, tratamento e acompanhamento reabilitativo de idosos com questões relacionadas ao equilíbrio. Porém, são necessários estudos que testem a experiência de altura comparada com outro tipo de experiência virtual e com os participantes assumindo ortostatismo em base aberta e fechada a fim de se verificar se as respostas posturais apresentadas são provenientes dos estímulos visuais de altura ou da RVI em si, e para elucidar se a base de apoio fechada poderia ser o único fator causador da maior oscilação corporal. Quanto a ocorrência de cybersickness, foi verificado que os sintomas ocorreram em maior grau de intensidade nos idosos com alto grau de medo de cair e nos que têm acrofobia, indicando a capacidade de promoção de uma experiência realística pelo software e pelo HMD utilizado. A qualidade de vida, conforme verificado em estudos anteriores, mostrou-se diminuída no grupo de idosos com maior grau de medo de quedas.



## REFERÊNCIAS

- ADKIN, A. L.; CARPENTER, M. G. New insights on emotional contributions to human postural control. **Front Neurol**, v. 21, n. 9, p. 789, set. 2018. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30298048/>. Acesso em: 14 out. 2022.
- ALBUQUERQUE, Matheus Jacobs de. **Centro de pressão corporal e risco de quedas em pessoas idosas**. 2018. 77 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Envelhecimento Humano, Educação Física e Fisioterapia, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2018. Disponível em: <http://tede.upf.br/jspui/bitstream/tede/1575/2/2018MatheusJacobsdeAlbuquerque.pdf>. Acesso em: 12 fev. 2023.
- AIROLDI, Antônio Dai Prá. **Sistema de monitoramento de sensores biomédicos para estudo de adaptação entre o equilíbrio corporal e a doença de Parkinson**. 2020. 77 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Controle e Automação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2020. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/217434/001120668.pdf?sequence=1>. Acesso em: 15 mar. 2023.
- ALMEIDA, A. L. M. Avaliação da eficácia de avisos de segurança em diferentes níveis de carga cognitiva num simulador em Realidade Virtual. 2018. 188 f. Tese (Doutorado em Motricidade Humana na especialidade de Ergonomia) - Universidade de Lisboa - Faculdade de Motricidade Humana, Lisboa, 2018. Disponível em: [https://www.repository.utl.pt/bitstream/10400.5/16034/1/2018\\_Doutoramento%20MH%20-%20Ergonomia\\_AnaLucia%20Almeida.pdf](https://www.repository.utl.pt/bitstream/10400.5/16034/1/2018_Doutoramento%20MH%20-%20Ergonomia_AnaLucia%20Almeida.pdf) Acesso em 03 maio 2022.
- ALMEIDA, M. T. V. Análise estabilométrica em indivíduos submetidos à tarefa de realidade virtual: um estudo *cross-over*. 2020. 55 f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Reabilitação) – Centro Universitário Augusto Motta, Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: <https://deposita.ibict.br/handle/deposita/176>. Acesso em: 1º abr. 2022.
- ALVES, A., MARTINS, H., BENVENUTI, L., ALONSO, E., BOMBASAR, J., BERLIM, T.. Desenvolvendo aplicações em Realidade Virtual com HTC VIVE em Unity C#. Ciência e Técnica Vitivinícola. 2017. Disponível em:

<file:///C:/Users/lucia/Downloads/artigoSVR.pdf>. Acesso em: 27 fev. 2023.

ALVES, J. E. D. Envelhecimento populacional continua e não há perigo de um geronticídio. Laboratório de Demografia e Estudos Populacionais, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 21 jun. 2020. Disponível em: <https://www.ufjf.br/ladem/2020/06/21/envelhecimento-populacional-continua-e-nao-ha-perigo-de-umgeronticidio-artigo-de-jose-eustaquio-diniz-alves/>. Acesso em: 28 mar. 2022.

AMORIM, A. C. O. *et al.* Realidade virtual: estereoscopia na educação. **Revista Técnico Científica do IFSC**, v. 1, n. 1, p. 94-102, 2010. Disponível em: <https://periodicos.ifsc.edu.br/index.php/rtc/article/view/215>. Acesso em: 16 jan. 2022.

ANTONIO, B. de A.; TERUYA, T. T.; MOCHIZUKI, L. Uso do acelerômetro e giroscópio no monitoramento de movimento: uma avaliação comparativa por meio de unidade inercial e smartphone. **Revista Brasileira de Educação Física e Esporte**, [S. l.], v. 34, n. 3, p. 429-436, 2020. DOI: 10.11606/1807-5509202000030429. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/rbefe/article/view/175255>. Acesso em: 9 fev. 2023.

ARAUJO, T.A. *et al.* Condições de saúde e mudança de peso de idosos em dez anos do Estudo SABE. *Epidemiol. Serv. Saúde*, Brasília, v. 29, n. 4, e2020102, set. 2020. Disponível em: [http://scielo.iec.gov.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1679-49742020000400024&lng=pt&nrm=iso](http://scielo.iec.gov.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1679-49742020000400024&lng=pt&nrm=iso). Acesso em 10 jun. 2021.

ATALAIA-SILVA, K.C. e LOURENÇO, R.A. Tradução, adaptação e validação de construto do Teste do Relógio aplicado entre idosos no Brasil. *Revista de Saúde Pública* [online]. 2008, v. 42, n. 5 pp. 930-937. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0034-89102008000500020>. Acesso em: 7 Mar.2023.

BAKER N, Gough C, Gordon SJ. Inertial Sensor Reliability and Validity for Static and Dynamic Balance in Healthy Adults: A Systematic Review. **Sensors (Basel)**. 21(15):5167, Jul. 2021. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8348903/>

BIMBERG, P. WEISSKER, T. KULIK, A. On the Usage of the Simulator Sickness Questionnaire for Virtual Reality Research, 2020 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces Abstracts and Workshops (VRW), Atlanta, GA, USA, 2020, pp. 464-467, Disponível em:

- [https://www.researchgate.net/publication/341318922\\_On\\_the\\_Usage\\_of\\_the\\_Simulator\\_Sickness\\_Questionnaire\\_for\\_Virtual\\_Reality\\_Research](https://www.researchgate.net/publication/341318922_On_the_Usage_of_the_Simulator_Sickness_Questionnaire_for_Virtual_Reality_Research). Acesso em: 02 mar. 2023.
- BORREGO, A. *et al.* Comparison of Oculus Rift and HTC Vive: feasibility for virtual reality-based exploration, navigation, exergaming, and rehabilitation. **Games Health J.** v. 7, n. 3, p.151-156, jun. 2018. Disponível em: [https://www.liebertpub.com/doi/10.1089/g4h.2017.0114?url\\_ver=Z39.88-2003&rfr\\_id=ori%3Arid%3Acrossref.org&rfr\\_dat=cr\\_pub++0pubmed](https://www.liebertpub.com/doi/10.1089/g4h.2017.0114?url_ver=Z39.88-2003&rfr_id=ori%3Arid%3Acrossref.org&rfr_dat=cr_pub++0pubmed). Acesso em: 10 mar. 2021.
- BRAHMS, M *et al.* Os efeitos agudos da fadiga mental no desempenho do equilíbrio em adultos jovens e idosos saudáveis – uma revisão sistemática e meta-análise. **Acta psychologica**, 225, 103540, mai. 2022. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0001691822000555>. Acesso em: 23 mai. 2023
- BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Social. **Estratégia Brasil Amigo da Pessoa Idosa**: documento técnico. Brasília, DF, 2018. Disponível em: [https://www.mds.gov.br/webarquivos/publicacao/Brasil\\_Amigo\\_Pesso\\_Idosa/Documento\\_Tecnico\\_Brasil\\_Amigo\\_Pessoa\\_Idosa.pdf](https://www.mds.gov.br/webarquivos/publicacao/Brasil_Amigo_Pesso_Idosa/Documento_Tecnico_Brasil_Amigo_Pessoa_Idosa.pdf). Acesso em: 29 mar. 2022.
- BUKSMAN S. *et al.* Quedas em idosos: prevenção. *In*: Sociedade Brasileira de Geriatria e Gerontologia. **Projeto Diretrizes**, 2008. Disponível em: <https://sbgg.org.br/wp-content/uploads/2014/10/queda-idosos.pdf>. Acesso em: 2 jun. 2021.
- BZDÚŠKOVÁ, D. *et al.* The effects of virtual height exposure on postural control and psychophysiological stress are moderated by individual height intolerance. **Front Hum Neurosci.**, v. 12, n. 15, p. 773091, jan. 2022. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35095450/>. Acesso em: 23 fev. 2022.
- CAMARGOS, F. F. O. *et al.* Adaptação transcultural e avaliação das propriedades psicométricas da Falls Efficacy Scale - International em idosos Brasileiros (FES-I- BRASIL). **Rev Bras Fisioter**, v. 14, n. 3, p. 237-43, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbfis/a/G6DXXwm9TS4zvFpyWxwnQPs/?lang=pt>. Acesso em: 29 abr. 2021.
- CARPENTER, M. G.; MURNAGHAN, C. D.; INGLIS, J. T. Shifting the balance: evidence of an exploratory role for postural sway. **Neuroscience**, v. 171, n. 1, p. 196-204, 2010. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20800663/>.

Acesso em: 28 abr. 2021.

- CARVALHO, M. R.; COSTA, R. T.; NARDI, A. E. Simulator sickness questionnaire. Tradução e adaptação transcultural. **Jornal Brasileiro de Psiquiatria**, v. 60, n. 4, p. 247–252, 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/jbpsiq/a/trfYrY8LfWzmpwh7Wqn9Cvr/?lang=pt#>. Acesso em: 8 jun. 2021.
- CHACHAMOVICH, E. Qualidade de vida em idosos: desenvolvimento e aplicação do módulo WHOQOL-OLD e teste do desempenho do instrumento WHOQOL-BREF em uma população idosa brasileira. 2005. 197 f. Tese (Doutorado em [Nome do Programa de Pós-Graduação]) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.
- CHAVES, A. C. S. *et al.* Autonomic dysregulation and impairments in the recognition of facial emotional expressions in patients with chronic musculoskeletal pain. **ScandJ Pain**, v. 21, n. 3, p. 530-538, mar. 2021. Disponível em: <https://www.degruyter.com/document/doi/10.1515/sjpain-2020-0132/html>. Acesso em: 24 out. 2021.
- DAVIS, JR; CAMPBELL, AD; ADKIN, AL; CARPENTER, MG A relação entre o medo de cair e o controle postural humano. *Gait & Posture*, [SL], v. 29, n. 2, pág. 275-279, fev. 2009. Elsevier BV. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.gaitpost.2008.09.006>. Acesso em: 12 mar. 2023.
- DELBAERE K., CLOSE J.C., MIKOLAIZAK A.S., SACHDEV P.S., BRODATY H., LORD S.R. The falls efficacy scale international (FES-I): a comprehensive longitudinal validation study. **Age Ageing**. 2010. 39:210-216. Jan. 2010 . Disponível em: <https://academic.oup.com/ageing/article/39/2/210/40898/The-Falls-Efficacy-Scale-International-FES-I-A>. Acesso em: 10 fev.2023
- DUARTE, G. P. *et al.* Relação de quedas em idosos e os componentes de fragilidade. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, v. 21, n. Suppl 2, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1980-549720180017.supl.2> Epub 04 Fev 2019. Acesso em: 23 jul. 2021.
- ESTEVES, CS e cols. Teste do Desenho do Relógio: Dados Normativos Para Idosos. *Psico-USF [online]*, v. 27, n. 3, pp. 477-487, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1413-82712027270306> . ISSN 2175-3563. Acesso em: 7 Mar. 2023.
- ESTRADA, E.; FERRER, E.; PARDO, A. Estatística para Avaliação Pré-Pós

Mudança: Relação entre Mudança no Centro de Distribuição e Mudança nos Escores Individuais. *Frente. Psychol.*, v. 9, p. 2696, 2019.

doi:10.3389/fpsyg.2018.02696.

EUROSTAT STATISTICS EXPLAINED. Estrutura populacional e envelhecimento.

Dados extraídos em junho de 2021. Disponível em: [https://ec-europa-eu.translate.google.com/translate?hl=pt&sl=en&tl=pt&\\_x\\_tr\\_pto=nui,sc,elem#The\\_share\\_of\\_the\\_derly\\_people\\_continues\\_to\\_increase](https://ec-europa-eu.translate.google.com/translate?hl=pt&sl=en&tl=pt&_x_tr_pto=nui,sc,elem#The_share_of_the_derly_people_continues_to_increase).

Acesso em: 28 mar. 2022.

FABRÍCIO S. C. C.; Rodrigues R. A. P.; Junior M. L. C. Causas e consequências de quedas de idosos atendidos em hospital público. Departamento de Enfermagem Geral e Especializada da Escola de Enfermagem Geral e Especializada de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo. Ribeirão Preto, SP, Brasil, 2003. Disponível em: <https://www.scielo.org/article/rsp/2004.v38n1/93-99/>. Acessado em: 23 jul. 2021.

FIGUEIREDO, T. C. **Complexidade no controle e planejamento do movimento humano**. 2019. 98 f. Tese (Doutorado) - Curso de Física, Universidade Federal da Bahia, Bahia, 2019. Disponível em:

[https://ppgffis.ufba.br/sites/ppgffis.ufba.br/files/tese\\_corrigida\\_thiago\\_da\\_cruz\\_figueiredo.pdf](https://ppgffis.ufba.br/sites/ppgffis.ufba.br/files/tese_corrigida_thiago_da_cruz_figueiredo.pdf). Acesso em: 09 mar. 2023.

FLECK, M. P. A.; CHACHAMOVICH, E.; TRENTINI, C. Development and validation of the Portuguese version of WHOQOL-OLD. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v. 40, n. 5, p. 785-791, out. 2006.

FLECK, M. P. A.; LOUZADA, S.; XAVIER, M.; CHACHAMOVICH, E.; VIEIRA, G.; SANTOS, L. PINZON, V. Aplicação da versão em português do instrumento WHOQOL-bref. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v. 34, n. 2, p. 178-183, abr. 2000. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/rsp/a/JVdm5QNjj4xHsRzMFbF7trN/> Acesso em: 2 mar. 2023.

FREITAS E. R. F. S. *et al.* Prática habitual de atividade física afeta o equilíbrio de idosas? **Fisioterapia em Movimento**, v. 26, n. 4, p. 813-821, set./dez. 2013.

Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-51502013000400010> Acesso em: 23 jul. 2021.

FREITAS JÚNIOR, P. B. de. **Características comportamentais do controle**

- postural de jovens, adultos e idosos.** 2003. 131f. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Biociências de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2003. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/87452>. Acesso em: 9 nov. 2021.
- FREITAS, E. V. *et al.* **Tratado de geriatria e gerontologia.** 4. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2016.
- FREITAS, S.; SIMÕES, MR Teste do desenho do relógio: utilidade e validade como instrumento de rastreamento cognitivo. *Revista de Psicologia, Educação e Cultura, Carvalhos*, v. 14, n. 2, pág. 319-338, dez. 2010. Disponível em: [https://www.researchgate.net/profile/Marisa\\_Avila2/publication/271192990\\_The\\_Interpersonal\\_Competence\\_Questionnaire\\_ICQ\\_A\\_study\\_with\\_Portuguese\\_adolescents/links/54bfa85a0cf28eae4a65fe05.pdf#page=83](https://www.researchgate.net/profile/Marisa_Avila2/publication/271192990_The_Interpersonal_Competence_Questionnaire_ICQ_A_study_with_Portuguese_adolescents/links/54bfa85a0cf28eae4a65fe05.pdf#page=83) . Acesso em: 26 fev. 2023.
- FUZIKAWA, CS Projeto Bambuí: estudo de base populacional comparando a performance do teste do relógio e do miniexame do estado mental (análise de concordância, de colaboração e de fatores latentes). [Tese de Doutorado]. Universidade Federal de Minas Gerais, 2007. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1843/ECJS-779MV9> .
- GAZZOLA, JM et al. Análise quantitativa do controle postural em idosos vestibulopatas utilizando estimulação visual por realidade virtual. **Revista Brasileira Otorrinolaringologia**, v. 86, n. 5, pág. 593-601, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.bjorl.2019.03.001> . Acesso em: 10 out. 2021.
- GHIRINGHELLI, R.; GANANÇA, C. F. Posturografia com estímulos de realidade virtual em adultos jovens sem alterações do equilíbrio corporal. **Jornal da Sociedade Brasileira de Fonoaudiologia**, v. 23, n. 3, p. 264-270, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S2179-64912011000300013>. Acesso em: 10 ago. 2021.
- HOPEWELL, S. et al. Intervenções multifatoriais para prevenir quedas em idosos que vivem na comunidade: uma revisão sistemática e meta-análise de 41 estudos e quase 20.000 participantes. **Br J Sports Med.**, v. 54, n. 22, pág. 1340-1350, nov. 2020. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7606575/>. Acesso em: 23 out. 2021.
- HORAK, F. B. Postural orientation and equilibrium: what do we need to know about

neural control of balance to prevent falls? **Age Ageing**, v. 35, n. Suppl 2, p. ii7-ii11, set. 2006.

HOUGLUM, P. A.; BERTOTI, D. B. **Cinesiologia clínica de Brunnstrom**. 6. ed. Barueri: Manole, 2014.

HTC Vive Pro. Recuperado em 24 de abril de 2023, de

<https://www.vive.com/us/product/vive-pro/>

HUPPERT, D.; WUEHR, M.; BRANDT, T. Acrofobia e intolerância visual à altura: avanços em epidemiologia e mecanismos. **J Neurol**, v. 267, n. Suplemento 1, pág. 231-240, dez. 2020. Disponível em:

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7718183/> . Acesso em: 3 nov. 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). População cresce, mas número de pessoas com menos de 30 anos cai 5,4% de 2012 a 2021. Agência de notícias, 22 jul. 2022. Disponível em:

<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/34438-populacao-cresce-mas-numero-de-pessoas-com-menos-de-30-anos-cai-5-4-de-2012-a-2021> . Acesso em: 09 fev. 2023.

**Princípios de neurociências**. 5. ed. Porto Alegre: AMGH, 2014.

KESHNER, EA et al. Acompanhando a evolução das aplicações de realidade virtual para a reabilitação como campo de estudo. **J Neuro Engineering Rehabil**, v. 16, n. 76, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s12984-019-0552-6>. Acesso em: 10 ago. 2021.

KLUTHCOVSKY, ACGC; KLUTHCOVSKY, FA O WHOQOL-bref, um instrumento para avaliar qualidade de vida: uma revisão sistemática. **Revista de Psiquiatria do Rio Grande do Sul** [online], v. 31, n. 3 suplemento, p. [Acessado em 25 de fevereiro de 2023], 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0101-81082009000400007> . Epub 26 de maio de 2010. ISSN 0101-8108. Acesso em: 2 mar. 2023.

LABANCA, L. *et al.* Triagem auditiva em idosos: avaliação da acurácia e reprodutibilidade do teste do sussurro. **Ciência & Saúde Coletiva** [online]. v. 22, n. 11, pp. 3589-3598, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1413-812320172211.31222016>.

LEVY, F. *et al.* Fear of falling: efficacy of virtual reality associated with serious games in elderly people. **Neuropsychiatric disease and treatment**. 12, 877–

- 881, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.2147/NDT.S97809>. Acessado em: 2 ago. 2022
- LOPES, K. T. *et al.* Prevalência do medo de cair em uma população de idosos da comunidade e sua correlação com mobilidade, equilíbrio dinâmico, risco e histórico de quedas. **Brazilian Journal of Physical Therapy**. v. 13, n. 3, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-35552009005000026>. Acessado em 02 ago. 2022
- RAFFEGEAU, T. E. *et al.* The direction of postural threat alters balance control when standing at virtual elevation. **Experimental Brain Research**, [S.L.], v. 238, n. 11, p. 2653-2663, 17 set. 2020. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s00221-020-05917-5>. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8364805/>. Acesso em: 05 dez. 2022.
- REBÊLO, F. L. *et al.* Immersive virtual reality is effective in the rehabilitation of older adults with balance disorders: a randomized clinical trial. **Exp Gerontol.**, v. 1, n. 149, p. 111308, jul. 2021. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33744393/> Acesso em: 1º jul. 2021.
- MASCRET, N. *et al.* acceptance of a virtual reality headset designed for fall prevention in older adults: questionnaire study. **J Med Internet Res.**, v. 22, n. 12, p. e20691, 2020. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7769685/>. Acesso em: 8 jun. 2021.
- MANN, L.; KLEINPAUL, J. F.; LEMOS, L. F. C. Equilíbrio estático de canoístas. Um estudo de caso. **Lecturas Educación Física y Deportes**, v. 119, p. 1-12, 2008. Disponível em: <https://efdeportes.com/efd119/equilibrio-estatico-de-canoistas.htm>. Acesso em 01 fev. 2023.
- MARTINS, Cristina Motinha ; AZEVEDO, Letícia Vidal Negreiros de. Uma investigação sobre cybersickness guiada por boas práticas de design de aplicações de realidade virtual. 2020. 35f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Sistemas de Informação) - Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2020.
- MENEGUETTE, L. C. Realidade virtual e experiência do espaço: imersão, fenomenologia, tecnologia. 2010. 118f. Dissertação (Mestrado em Mídias Digitais)– Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2010.

- Disponível em: <https://sapiencia.pucsp.br/handle/handle/18261>. Acesso em: 2 jan. 2022.
- MINISTÉRIO DA SAÚDE (BR), ANVISA, Fiocruz. Anexo 1: **Protocolo Prevenção de Quedas**. 2013. Disponível em: [http://www.saude.mt.gov.br/upload/controle-infecoes/pasta12/protocolos\\_cp\\_n6\\_2013\\_prevencao.pdf](http://www.saude.mt.gov.br/upload/controle-infecoes/pasta12/protocolos_cp_n6_2013_prevencao.pdf). Acesso em: 02 de mar. de 2023.
- MONTEIRO, Carlos Bandeira de Mello. **Realidade virtual na paralisia cerebral**. São Paulo: Plêiade, 2011. 220 p. Disponível em: <http://www5.each.usp.br/wp-content/uploads/2017/11/carlos-monteiro-ebook.pdf>. Acesso em: 28 dez. 2021.
- MONTIEL, J.M. *et al.* Testes do desenho do relógio e de fluência verbal: contribuição diagnóstica para o Alzheimer. **Psicol. teor. prat.**, São Paulo, v. 16, n. 1, p. 169-180, abr. 2014. Disponível em [http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1516-36872014000100014&lng=pt&nrm=iso](http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-36872014000100014&lng=pt&nrm=iso). Acesso em: 2 mar. 2023.
- MOREL, M. *et al.* Advantages and limitations of virtual reality for balance assessment and rehabilitation. **Clinical Neurophysiology**, v. 45, n. 4-5, p. 315-326, 2015. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0987705315000714>. Acesso em: 17 jan. 2022.
- NASCIMENTO, Marcelo de Maio; SILVA, Paloma Sthefane Teles; JUCHEM, Luciano. Tecnologias Assistivas: Aplicações na prevenção de quedas de idosos. **Revista Saúde e Desenvolvimento Humano**, Canoas, v. 10, n. 1, p. 1-14, fev. 2022. Disponível em: [https://revistas.unilasalle.edu.br/index.php/saude\\_desenvolvimento](https://revistas.unilasalle.edu.br/index.php/saude_desenvolvimento). Acesso em: 15 mar. 2023.
- OLIVEIRA, J. A. de. Virtual reality in the rehabilitation of the balance in the elderly. **Manual Therapy, Posturology & Rehabilitation Journal**, n. 1–5, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.17784/mtprehabjournal.2017.15.481>. Acesso: 2 jun. 2021.
- ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE (OMS). **Envelhecimento ativo: uma política de saúde**. Brasília: Organização Pan-Americana da Saúde. 2005. Disponível em: [https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/envelhecimento\\_ativo.pdf](https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/envelhecimento_ativo.pdf). Acesso: 18 maio 2021.
- ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS). **Relatório global da OMS sobre**

- prevenção de quedas na velhice.** São Paulo: Secretaria de Estado da Saúde, 2010. Disponível em: [https://bvsmis.saude.gov.br/bvs/publicacoes/relatorio\\_prevencao\\_quedas\\_velhice.pdf](https://bvsmis.saude.gov.br/bvs/publicacoes/relatorio_prevencao_quedas_velhice.pdf). Acesso em: 18 maio 2021.
- PALACIOS-NAVARRO, G.; HOGAN, N. Terapias baseadas em monitores montados na cabeça para adultos pós-derrame: uma revisão sistemática e meta-análise. **Sensores**, Basileia, v. 21, n. 4, p. 1111, 2021.
- PEDROSO, B.; PILATTI, L. A.; GUTIERREZ, G. L.; PICININ, C. T. Cálculo dos escores e estatística descritiva do WHOQOL-bref através do Microsoft Excel. **Revista Brasileira de Qualidade de Vida**, v. 2, n. 1, p. 31–36, 2010. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/rbqv/article/view/687>. Acesso em: 19 dez. 2022.
- PENA, Silvana Barbosa; GUIMARÃES, Heloísa Cristina Quatrini Carvalho Passos; LOPES, Juliana Lima; GUANDALINI, Lidia Santiago; TAMINATO, Mônica; BARBOSA, Dulce Aparecida; BARROS, Alba Lúcia Bottura Leite de. Fear of falling and risk of falling: a systematic review and meta-analysis. *Acta Paul Enferm.*, v. 32, n. 4, p. 456-463, Aug. 2019. Disponível em: [http://www.revenf.bvs.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-21002019000400456](http://www.revenf.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-21002019000400456). Acesso em: 14 fev. 2023.
- PEREIRA, A. **Plataforma de força e equilíbrio postural: guia de avaliação de exercícios.** 2016. 52 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Exercício Físico na Promoção da Saúde) - Universidade Norte do Paraná. Paraná, 2016. Disponível em: <https://repositorio.pgskroton.com/bitstream/123456789/642/1/PLATAFORMA%20DE%20FOR%C3%87A%20E%20EQUIL%C3%84BRIO%20POSTURAL.pdf>. Acesso em: 24 mai. 2022.
- PETERSON, S. M.; FURUICHI, E.; FERRIS, D. P. Effects of virtual reality high heights exposure during beam-walking on physiological stress and cognitive loading. **PloS One**, v. 13, n. 7, p. e0200306, jul. 2018.
- PINHO, Alexandre Severo do. **Utilização de Smartphones na Avaliação do Equilíbrio Postural Através de Sensores Inerciais.** Tese (Doutorado em Ciências da Saúde) - Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre, Porto Alegre, 2019.
- RODOWANSKI, I. J. **Plataforma de força instrumentada: uma ferramenta aplicada a estudos de posturologia.** 2011. 104 f. Dissertação (Mestrado em Mecatrônica e

- Matemática) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2011. Disponível em: <https://repositorio.ufba.br/handle/ri/18476>. Acesso em: 17 jan. 2022.
- SALDANA, S. J. *et al.* Avaliando o equilíbrio através do uso de um head-mounted display de baixo custo em idosos: um estudo piloto. **Clin. Interv. Aging**, v. 12, p. 1363-1370, 2017.
- SAMPAIO, Luisa Veríssimo Pereira *et al.* Desenvolvimento de um aplicativo para dispositivos móveis de avaliação do equilíbrio e risco de quedas em idosos. **Rev. Bras. Geriatr. Geronto**, Rio de Janeiro, v. 6, n. 20, p. 811-819, 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbgg/a/mVS53PrPshwSNzdQCmD4wHy/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 16 nov. 2022.
- SANTOS, H. G. C.; MEDEIROS, F. G. M. C. Quedas em idosos: uma revisão de literatura- principais aspectos fisiológicos e medidas de prevenção. *In*: CONGRESSO INTERNACIONAL DE ENVELHECIMENTO HUMANO. 7., Campina Grande, 2020. **Anais eletrônicos** [...]. Campina Grande: Realize Editora, 2020. Disponível em: <https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/73484>. Acesso em: 1º abr. 2022.
- SCHOENE, D. *et al.* A systematic review on the influence of fear of falling on quality of life in older people: is there a role for falls? **Clin. Interv. Aging**, v. 14, p. 701-719, 2019. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6514257/>. Acesso em: 24 jul. 2021.
- SHULMAN, KI Desenho do relógio: é o teste de rastreamento cognitivo ideal? *Jornal Internacional de Psiquiatria Geriátrica*, v. 15, n. 6, pág. 548–561, 2000. doi:10.1002/1099-1166(200006)15:6<548::aid-gps242>3.0.co;2-u.
- SHUMWAY-COOK, Anne; WOOLLACOTT, Marjorie. Controle motor: teoria e aplicações práticas. 3. ed. São Paulo: Manole, 2010.
- SILVA, J. V. da; BAPTISTA, M. N. Vitor quality of life scale for the Elderly: evidence of validity and reliability. **Springer Plus**, v. 5, p. 1450, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s40064-016-3130-4>. Acesso em: 2 nov. 2021.
- SILVA, PAB; SOARES, SM; SANTOS, JFG; SILVA, LB.; Ponto de corte para o WHOQOL-bref como preditor de qualidade de vida de idosos. **Revista de Saúde Pública**. 48 (3): 390-397, 2014.
- SOARES, B.C. *et al.* Immersive virtual tasks with motor and cognitive components: a feasibility study with young and older adults. **J Aging Phys Act**, p. 1-12, 2020.

- Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33091873/>. Acesso em: 2 nov. 2021.
- SONG, J.; LEE, E. Health-related quality of life of elderly women with fall experiences. **Int. J. Environ. Res. Public Health**, v. 18, p. 7804, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ijerph18157804>. Acesso em: 22 ago. 2021.
- STORE.STEAMPOWERED, **Cosmic Flow: A Relaxing VR Experience has been released!**, [S.l.], 2020. Disponível em: <https://store.steampowered.com/news/app/1267950> Acesso em: 05 ago. 2022.
- TAVARES, G. M. S. *et al.* Interaction between cognitive status, fear of falling, and balance in elderly persons. **Clinics**, São Paulo, v. 75, p. e1612, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.6061/clinics/2020/e1612>. Acesso em: 25 ago. 2021.
- THOMAZ, A. *et al.* Dispositivos de imersão em ambientes de realidade virtual. **Revista Brasileira de Informática na Educação**, v. 13, n. 2, p. 21-32, jun. 2011. Disponível em: <https://br-ie.org/pub/index.php/rbie/article/view/2259>. Acesso em: 2 jan. 2022.
- TIERI, G. *et al.* Virtual reality in cognitive and motor rehabilitation: facts, fiction and fallacies. **Expert Rev Med Devices**, v. 15, n. 2, p. 107-117, fev. 2018.
- TINETTI, M. E., RICHMAN, D., POWELL, L. (1990). *Falls Efficacy as a Measure of Fear of Falling*. **Journal of Gerontology**. 45(6), P239–P243. Nov. 1990. Disponível em: <https://academic.oup.com/geronj/article-abstract/45/6/P239/706325?redirectedFrom=fulltext&login=false#no-access-message>. Acesso em: 10 fev.2023.
- TOAST, **Richie's Plank Experience Press Kit**, [S.l.], 2017? Disponível em: <https://toast.games/old-press/>. Acesso em: 25 abr. 2022.
- TOLLINI, G. C. **Avaliação do Virtual Reality Sickness Questionnaire (VRSQ) como preditor de cybersickness**. 2020. 70 f. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia da Computação) – Universidade de Brasília, Brasília, 2020. Disponível em: <https://bdm.unb.br/handle/10483/28979>. Acesso em: 20 jan. 2022.
- TORI, R.; HOUNSELL, M. da S. (org.). **Introdução à realidade virtual e aumentada**. Porto Alegre: Editora SBC, 2018.
- TORI, R.; KIRNER, C.; SISCOOTTO, R. A. **Fundamentos e tecnologia de realidade virtual e aumentada**. Belém: [s.n.], 2006.
- VALERIO NETTO, A.; MACHADO, L. dos S.; OLIVEIRA, M. C. F. de. Realidade virtual: definições, dispositivos e aplicações. **REIC - Revista Eletrônica de Iniciação**

- Científica**, v. 2, n. 1, p. 1-29, 2002. Disponível em:  
<http://www.sbc.org.br/reic/edicoes/2002e1/tutoriais/RV-DefinicoesDispositivosEAplicacoes.pdf>. Acesso: 14 jan. 2022.
- VIEIRA, T.M.M. **Caracterização De Mudanças No Equilíbrio Postural Estático Devidas Ao Envelhecimento**. 2007. 110 f. Tese (Mestrado em Ciências em Engenharia Biomédica) - Programa de Engenharia Biomédica/COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2007. Disponível em  
[http://www.peb.ufrj.br/teses/Tese0047\\_2007\\_01\\_08.pdf](http://www.peb.ufrj.br/teses/Tese0047_2007_01_08.pdf). Acesso em: 31 mai. 2022.
- WINTER, A.D. Equilíbrio humano e controle postural durante a postura em pé e a marcha. **Gait&Posture**, [s. l.], v. 4, n. 3, p. 193-214, 1995. Disponível em:  
<https://www.cs.cmu.edu/~hgeyer/Teaching/R16-899B/Papers/Winter95Gait&Posture.pdf>. Acesso em: 11 mar. 2023.
- (WHOQOL GROUP, 1998)** WHOQOL GROUP. Development of the World Health Organization WHOQOL-B: quality of life assessment. *Psychological Medicine*, Cambridge, v. 28, n. 3, p. 551-558, maio. 1998. Disponível em:  
DOI: 10.1017/s0033291798006667. Acesso em 12 dez.2022.
- YARDLEY L, BEYER N, HAUER K, KEMPEN G, PIOT-ZIEGLER C, TODD C. Development and initial validation of the Falls Efficacy Scale-International (FES-I). **Age Ageing**. 2005 Nov;34(6):614-9. doi: 10.1093/ageing/afi196. PMID: 16267188. Acessado em: 11 fev. 2023.
- YOUNG, W.R., WILLIAMS, A.M. How fear of falling can increase fall-risk in older adults: applying psychological theory to practical observations. **Gait Posture**. 41(1):7-12, jan. 2015. Disponível em:  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S096663621400705X>. Acesso em: 29 mai. 2022.

# APÊNDICE 1. Carta de aprovação do CEP



## PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

### DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

**Título da Pesquisa:** EFEITOS DA REALIDADE VIRTUAL IMERSIVA COM EXPERIÊNCIA DE ALTURA NO EQUILÍBRIO POSTURAL DE IDOSOS ROBUSTOS

**Pesquisador:** PAOLA PEIXOTO DOS SANTOS

**Área Temática:**

**Versão:** 1

**CAAE:** 63190622.0.0000.5235

**Instituição Proponente:** SOCIEDADE UNIFICADA DE ENSINO AUGUSTO MOTTA

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

### DADOS DO PARECER

**Número do Parecer:** 5.643.909

#### Apresentação do Projeto:

**Introdução:** A população idosa cresce aceleradamente em todo o mundo, e as alterações que englobam aspectos biológicos, sociais e psicológicos

que caracterizam esta fase da vida podem evoluir para declínios cognitivos e sensório-motores, culminando principalmente em maior risco de

quedas. O medo de quedas é um traço emocional que causa alterações nas estratégias de equilíbrio corporal, similares às sensações

experimentadas por adultos jovens expostos a alturas elevadas. A Realidade Virtual Imersiva (RVI) é uma ferramenta que vem sendo utilizada na

área de saúde para fins avaliativos, preventivos e de reabilitação do equilíbrio por proporcionar experiências realísticas em ambientes seguros e

controlados. Nesta pesquisa, investigamos como a RVI com experiência de altura afeta o equilíbrio postural de idosos, e qual a relação com o medo

de quedas. **Objetivos:** Analisar, em idosos robustos submetidos à RVI com experiência de altura (RVI-ExA), tanto as respostas posturais

correspondentes aos deslocamentos do centro de pressão (CdP) quanto as autonômicas, especificamente a variação da frequência cardíaca (VFC).

**Métodos:** Nesse estudo observacional transversal serão avaliados idosos (60 anos), temerosos e não temerosos a quedas, que serão distribuídos

**Endereço:** Rua Dona Isabel, 94, TEL: (21)3882-9797 ( Ramal: 9943)  
**Bairro:** Bonsucesso **CEP:** 21.032-060  
**UF:** RJ **Município:** RIO DE JANEIRO  
**Telefone:** (21)3882-9797 **E-mail:** comitedeetica@souunisuam.com.br



Continuação do Parecer: 5.643.909

em dois grupos para utilizarem a RVI-ExA (Richie's Plank Experience) ou RVI para relaxamento com cenas caleidoscópias sugestivas de meditação (Cosmic Flow), utilizando um dispositivo do tipo HMD do sistema HTC VIVE. Ambas as experiências terão duração de 6 min e serão realizadas na posição ortostática sobre uma plataforma de força, com uso de um monitor cardíaco. Os dados posturográficos e do monitor cardíaco serão coletados antes e durante a RVI. Resultados esperados: Espera-se que a experiência de altura desencadeie emoções indicativas de medo de cair, seguidas de respostas neurovegetativas como aumento da frequência cardíaca e alterações no equilíbrio corporal, que se associem com maior grau de medo de queda relatado pelo participante.

**Objetivo da Pesquisa:**

**Objetivo Primário:**

Avaliar os efeitos da RVI de altura sobre o equilíbrio postural de idosos robustos.

**Objetivo Secundário:**

Avaliar as reações autonômicas (VFC) desencadeadas pela imersão na experiência imersiva de altura em idosos robustos. Verificar se alterações posturais e autonômicas em idosos submetidos a experiência imersiva de altura elevada têm relação com medo de cair e com qualidade de vida. Verificar se a experiência imersiva de altura gera cybersickness.

**Avaliação dos Riscos e Benefícios:**

**Riscos:**

O presente estudo tem o potencial para gerar risco de quedas e desconfortos relacionados a possíveis conflitos nos sistemas viso-vestibular característicos de cybersickness (desconforto geral, cansaço, suor, náuseas, vômitos, tonturas dores de cabeça)

**Benefícios:**

Os benefícios envolvem a utilização dos resultados desta pesquisa na avaliação de distúrbios do equilíbrio, considerando que a RVI com experiência de altura pode subsidiar futuras aplicações clínicas em idosos quanto avaliação e tratamento dos sistemas envolvidos no equilíbrio corporal, além da experiência sensorial realística proporcionada pela ferramenta, o que pode ser fator potencial para adesão do idoso à técnica.

Endereço: Rua Dona Isabel, 94, TEL: (21)3882-9797 ( Ramal: 9943)  
 Bairro: Bonsucesso CEP: 21.032-060  
 UF: RJ Município: RIO DE JANEIRO  
 Telefone: (21)3882-9797 E-mail: comitedeetica@souunisuam.com.br



Continuação do Parecer: 5.643.909

**Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:**

Projeto realizado para desenvolvimento de dissertação de mestrado

**Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:**

Os termos foram enviados corretamente

**Recomendações:**

Projeto aprovado

**Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:**

Projeto aprovado

**Considerações Finais a critério do CEP:**

O projeto está aprovado.

Cabe ressaltar que o pesquisador se compromete em anexar na Plataforma Brasil um relatório ao final da realização da pesquisa. Pedimos a gentileza de utilizar o modelo de relatório final que se encontra na página eletrônica do CEP-UNISUAM (<http://www.unisuam.edu.br/index.php/introducao-comite-etica-em-pesquisa>). Além disso, em caso de evento adverso, cabe ao pesquisador relatar, também através da Plataforma Brasil.

**Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:**

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_2006246.pdf	01/09/2022 00:09:46		Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLÉ.pdf	31/08/2022 23:26:28	PAOLA PEIXOTO DOS SANTOS	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	projeto_mestrado.pdf	31/08/2022 23:01:05	PAOLA PEIXOTO DOS SANTOS	Aceito
Folha de Rosto	Folha_de_rosto.pdf	31/08/2022 22:48:54	PAOLA PEIXOTO DOS SANTOS	Aceito

**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Endereço: Rua Dona Isabel, 94, TEL: (21)3882-9797 ( Ramal: 9943)  
 Bairro: Bonsucesso CEP: 21.032-060  
 UF: RJ Município: RIO DE JANEIRO  
 Telefone: (21)3882-9797 E-mail: [comitedeetica@souunuam.com.br](mailto:comitedeetica@souunuam.com.br)



Continuação do Parecer: 5.643.909

Não

RIO DE JANEIRO, 14 de Setembro de 2022

---

Assinado por:  
Igor Ramathur Telles de Jesus  
(Coordenador(a))

Endereço: Rua Dona Isabel, 94, TEL: (21)3882-9797 ( Ramal: 9943)  
Bairro: Bonsucesso CEP: 21.032-060  
UF: RJ Município: RIO DE JANEIRO  
Telefone: (21)3882-9797 E-mail: comitedeetica@souunisuam.com.br

## APÊNDICE 2. Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

### EFEITOS DA REALIDADE VIRTUAL IMERSIVA COM EXPERIÊNCIA DE ALTURA NO EQUILÍBRIO POSTURAL DE IDOSOS ROBUSTOS

Elaborado a partir da Res. nº466 de 10/12/2012 do Conselho Nacional de Saúde

**Breve justificativa e objetivos da pesquisa:** A relevância deste estudo fundamenta-se no aumento demográfico da população idosa que ocorre mundialmente, e crescente número de pesquisas sobre a eficácia e aplicabilidade da Realidade Virtual Imersiva (RVI) como recurso terapêutico e avaliativo na área da fisioterapia em intervenções relacionadas ao equilíbrio de idosos, mas sem consenso na literatura quanto as metodologias utilizadas, e com inconsistências tanto nos procedimentos quanto nos resultados.

Outro fator importante a ser considerado é que a RVI possui um caráter prazeroso e lúdico com capacidade para aumentar a adesão e motivação para a participação dos idosos durante as intervenções, e quando combinada a instrumentos de medição como a plataforma de força ou sensores inerciais contidos em *smartphones* e cardiofrequencímetro, é possível a extração de dados objetivos sobre aspectos fisiológicos e do funcionamento dos sistemas de equilíbrio corporal, que podem, assim como o procedimento, ser aplicados para diagnóstico e tratamento de idosos na prática clínica.

Diante disso, o objetivo primário desta pesquisa é avaliar as alterações agudas do equilíbrio estático de idosos, por meio dos dados gerados em um aplicativo de *smartphone* baseado em sensores inerciais durante estímulos visuais de altura fornecidos por um HMD de RV.

**Procedimentos:** Inicialmente, idosos residentes em diferentes municípios da Baixada Fluminense, estado do Rio de Janeiro, serão convidados a participar da pesquisa e terão acesso a um informativo impresso com sucinta explicação, apoiada por gravuras, sobre as experiências e dispositivos que serão utilizados, bem como os objetivos do estudo, potenciais sensações, riscos e benefícios. Caso haja concordância em participar, assinarão o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido e, após, serão submetidos ao instrumento Teste do Desenho do

Relógio para rastreamento cognitivo, responderão a um questionário sociodemográfico e clínico com tópicos referentes aos critérios de inclusão e exclusão. Se considerados elegíveis, responderão ao WHOQOL-Bref e FES-I-Brasil (os anteriores não serão repetidos). Idosos temerosos e não temerosos a quedas com idade a partir dos 60 anos, serão submetidos à experiência de altura com o software comercial *Richie's Plank Experience* por meio de um *Head Mounted Display* (HMD) de RVI combinado com um cardiofrequencímetro e sensores inerciais de um *smartphone* afixado na coluna lombar por uma faixa.

Inicialmente, para a coleta dos dados posturais e autonômicos (intervalos R-R), cada participante se posicionará descalço em posição ortostática parada, pés unidos e braços estendidos ao longo do corpo em superfície firme (chão) utilizando um HMD do tipo HTC VIVE, que será posicionado sobre a cabeça, bloqueando toda a sua visão em relação ao ambiente externo, quando serão exibidas as experiências imersivas do referido software em três situações distintas: 1- visualização do tráfego da cidade a nível do solo e após entrada, visualização interna da cabina de um elevador; 2- visualização da cidade de forma panorâmica do octogésimo andar de um prédio, e; 3- de volta ao térreo, visualização do tráfego da cidade. Continuarão em posição ortostática por 60 segundos para captação dos dados posturais e da frequência cardíaca (intervalos R-R) durante cada situação visualizada, quando serão avisados do início e fim do registro dos dados a fim de que mantenham a referida postura em silêncio. Durante todo o procedimento, haverá o acompanhamento de dois pesquisadores para manter a segurança e evitar quaisquer intercorrências. Ao final, se sentarão e responderão ao *Simulator Sickness Questionnaire*.

**Potenciais riscos e benefícios:** O presente estudo tem o potencial para gerar risco de quedas (REBÊLO *et al.*, 2021) e desconfortos relacionados a possíveis conflitos nos sistemas viso-vestibular característicos de *cybersickness* (desconforto geral, cansaço, suor, náuseas, vômitos, tonturas dores de cabeça) (SOARES *et al.*, 2021). Os benefícios envolvem a utilização dos resultados desta pesquisa na prática clínica para prevenção de quedas em idosos, considerando que a RVI com experiência de altura pode subsidiar futuras aplicações clínicas em idosos quanto avaliação e tratamento dos sistemas envolvidos no equilíbrio corporal devido a experiência sensorial realística proporcionada pela ferramenta e suposta capacidade de rastreamento de alterações envolvidas nesses sistemas. Além

de que há a possibilidade de combinação da ferramenta com instrumentos de baixo custo e fáceis portabilidade e manuseio para a coleta de dados objetivos dos sistemas de equilíbrio e autonômico como é o caso dos sensores inerciais do *smartphone* e cardiofrequencímetro.

**Garantia de sigilo, privacidade, anonimato e acesso:** Sua privacidade será respeitada, ou seja, seu nome ou qualquer outro dado ou elemento que possa de qualquer forma lhe identificar, serão mantidos em sigilo. Será garantido o anonimato e privacidade. Caso haja interesse, o (a) senhor (a) terá acesso aos resultados.

**Garantia de esclarecimento:** É assegurada a assistência durante toda pesquisa, bem como a garantia do seu livre acesso a todas as informações e esclarecimentos adicionais sobre o estudo e suas consequências.

**Garantia de responsabilidade e divulgação:** Os resultados dos exames e dos dados da pesquisa serão de responsabilidade do pesquisador, e esses resultados serão divulgados em meio científico sem citar qualquer forma que possa identificar o seu nome.

**Garantia de ressarcimento de despesas:** Você não terá despesas pessoais em qualquer fase do estudo, nem compensação financeira relacionada à sua participação. Em caso de dano pessoal diretamente causado pelos procedimentos propostos neste estudo, terá direito a tratamento médico, bem como às indenizações legalmente estabelecidas. No entanto, caso tenha qualquer despesa decorrente da participação na pesquisa, haverá ressarcimento mediante depósito em conta corrente ou cheque ou dinheiro. De igual maneira, caso ocorra algum dano decorrente da sua participação no estudo, você será devidamente indenizado, conforme determina a lei.

**Responsabilidade do pesquisador e da instituição:** O pesquisador e a instituição proponente se responsabilizarão por qualquer dano pessoal ou moral referente à integridade física e ética que a pesquisa possa comportar.

**Crítérios para suspender ou encerrar a pesquisa:** O estudo será suspenso na ocorrência de qualquer falha metodológica ou técnica observada pelo pesquisador, cabendo ao mesmo a responsabilidade de informar a todos os participantes o motivo da suspensão. O estudo também será suspenso caso seja percebido qualquer risco ou dano à saúde dos sujeitos participantes, consequente à pesquisa, que não tenha sido previsto neste termo. Quando atingir a coleta de

dados necessária a pesquisa será encerrada.

**Demonstrativo de infraestrutura:** A instituição onde será feito o estudo possui a infraestrutura necessária para o desenvolvimento da pesquisa com ambiente adequado.

**Propriedade das informações geradas:** Não há cláusula restritiva para a divulgação dos resultados da pesquisa, e que os dados coletados serão utilizados única e exclusivamente para comprovação do experimento. Os resultados serão submetidos à publicação, sendo favoráveis ou não às hipóteses do estudo.

**Sobre a recusa em participar:** Caso queira, o (a) senhor (a) poderá se recusar a participar do estudo, ou retirar seu consentimento a qualquer momento, sem precisar justificar-se, não sofrendo qualquer prejuízo à assistência que recebe.

**Contato do pesquisador responsável e do comitê de ética:** Em qualquer etapa do estudo você poderá ter acesso à profissional fisioterapeuta responsável, Paola Peixoto dos Santos, que pode ser encontrada no telefone (21) 98910-1543. Se tiver alguma consideração ou dúvida sobre a ética da pesquisa, poderá entrar em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa.

Se este termo for suficientemente claro para lhe passar todas as informações sobre o estudo e se o(a) senhor(a) compreender os propósitos do mesmo, os procedimentos a serem realizados, seus desconfortos e riscos, as garantias de confidencialidade e de esclarecimentos permanentes. Você poderá declarar seu livre consentimento em participar, estando totalmente ciente das propostas do estudo.

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

---

Participante ou responsável legal

---

Pesquisador

Comitê de Ética em Pesquisa: Rua Dona Isabel 94, Bonsucesso, Rio de Janeiro, RJ, (21) 3882-9797 ramal 2015, e-mail: [comitedeetica@unisuam.edu.br](mailto:comitedeetica@unisuam.edu.br)

### APÊNDICE 3. Questionário sociodemográfico e clínico

O presente questionário tem o objetivo de investigar dados sociodemográficos e clínicos para a caracterização da amostra de idosos robustos que residem em diferentes municípios da Baixada Fluminense, estado do Rio de Janeiro, para fins de participação na pesquisa científica intitulada “Efeitos da Realidade Virtual Imersiva com experiência de grandes alturas em idosos robustos”, cujos resultados serão utilizados estritamente para fins acadêmicos. Para isso, é fundamental a veracidade das respostas e que todas as questões sejam respondidas. Nas questões fechadas ou dicotômicas (respostas sim ou não), cada participante deverá marcar apenas uma opção como resposta. Nas questões abertas, deverá registrar o que melhor corresponda às suas características e situações vivenciadas.

<b>Dados sociodemográficos</b>	<b>Participante nº _____</b>
- Idade? _____	- Data de nascimento? ___/___/___
- Nacionalidade? _____	- Naturalidade? _____
- Peso? _____	- Altura? _____
- Cor? (1) branca           (2) negra           (3) parda           (4) amarela	
- Estado civil? (1) solteiro   (2) casado/relação estável   (3) divorciado   (4) viúvo	
- Trabalha atualmente? (1) Sim   (2) Não	
- Se sim, em que trabalha? _____	
- Escolaridade? (1) analfabeto   (2) sabe ler e escrever   (3) Ensino Fundamental	
(4) Ensino Médio   (5) Curso Superior   (6) Pós-graduação	
- Como classifica sua situação econômica? (0) má   (1) média   (2) boa	
<b>Dados Clínicos</b>	
- Marque com um X apenas as opções que correspondem ao seu quadro de saúde: (	
( ) Diabetes Mellitus	( ) Hipertensão Arterial descompensada
( ) Vertigem ou problemas vestibulares	( ) Cardiopatias
( ) Epilepsia	( ) Dor lombar grave
( ) Osteoporose	( ) Artrose
( ) Acrofobia (medo de altura)	( ) Depressão
( ) Ansiedade	( ) Hipotensão
( ) Deficiência visual grave ou não compensada por lentes corretivas	
- Caiu nos últimos 6 meses? (1) sim   (2) não	

- Se sim, quantas vezes? (1) só uma vez (2) duas (3) três (4) mais de três
  - Se caiu, precisou ficar internado devido a fraturas em alguma parte do corpo?  
(1) sim (2) não
  - Por quanto tempo ficou internado? \_\_\_\_\_
  - Participou de programa de reabilitação em relação a quedas? (1) sim (2) não
  - Teve Covid-19? (1) sim (2) não
  - Ficou internado em decorrência da Covid-19? (1) sim (2) não
  - Por quanto tempo ficou internado (a) devido à Covid-19? \_\_\_\_\_
  - Já utilizou algum dispositivo de Realidade Virtual Imersiva? (1) sim (2) não
  - No momento, o que o (a) senhor (a) sente em relação ao medo de cair? (1) pouco medo (2) muito medo (3) não tem medo de cair
  - Utiliza dispositivo auxiliar de marcha (bengalas, muletas ou andadores)?  
(1) sim (2) não
  - Utiliza prótese em membros inferiores? (1) sim (2) não
- Obrigada por sua colaboração!
- Questionário elaborado pela pesquisadora
- \*Espaço abaixo para preenchimento da pesquisadora.
- Durante a experiência imersiva, sujeito:
- ( ) não conseguiu sair do elevador.
  - ( ) saiu do elevador, mas não andou na prancha.
  - ( ) saiu do elevador e andou na prancha.

## ANEXO 1. Instrumento de Avaliação de Qualidade de Vida – WHOQOL-bref

Participante nº:				Data: __/__/__	
<b>Instrumento de Avaliação de Qualidade de Vida</b>					
<b>The World Health Organization Quality of Life – WHOQOL-bref</b>					
<b>Instruções</b>					
Este questionário é sobre como você se sente a respeito de sua qualidade de vida, saúde e outras áreas de sua vida. Por favor responda a todas as questões. Se você não tem certeza sobre que resposta dar em uma questão, por favor, escolha entre as alternativas a que lhe parece mais apropriada.					
Esta, muitas vezes, poderá ser sua primeira escolha. Por favor, tenha em mente seus valores, aspirações, prazeres e preocupações. Nós estamos perguntando o que você acha de sua vida, tomando como referência as duas últimas semanas. Por exemplo, pensando nas últimas duas semanas, uma questão poderia ser:					
	Nada	Muito pouco	Médio	Muito	Completamente
Você recebe dos outros o apoio de que necessita?	1	2	3	4	5
Você deve circular o número que melhor corresponde ao quanto você recebe dos outros o apoio de que necessita nestas últimas duas semanas. Portanto, você deve circular o número 4 se você recebeu "muito" apoio como abaixo.					
	Nada	Muito Pouco	Médio	Muito	Completamente
Você recebe dos outros o apoio de que necessita?	1	2	3	4	5

Você deve circular o número 1 se você não recebeu "nada" de apoio. Por favor, leia cada questão, veja o que você acha e circule no número e lhe parece a melhor resposta.

		muito ruim	Ruim	nem ruim nem boa	Boa	Muito Boa
1	Como você avaliaria sua qualidade de vida?	1	2	3	4	5
		muito insatisfeito	Insatisfeito	nem satisfeito nem insatisfeito	satisfeito	muito satisfeito
2	Quão satisfeito(a) você está com a sua saúde?	1	2	3	4	5

As questões seguintes são sobre **o quanto** você tem sentido algumas coisas nas últimas duas semanas.

		nada	muito pouco	mais ou menos	bastante	Extremamente
3	Em que medida você acha que sua dor (física) impede você de fazer o que você precisa?	1	2	3	4	5
4	O quanto você precisa de algum tratamento médico para levar sua vida diária?	1	2	3	4	5
5	O quanto você aproveita a vida?	1	2	3	4	5
6	Em que medida você acha que a sua vida tem sentido?	1	2	3	4	5
7	O quanto você consegue se concentrar?	1	2	3	4	5

8	Quão seguro(a) você se sente em sua vida diária?	1	2	3	4	5
9	Quão saudável é o seu ambiente físico (clima, barulho, poluição, atrativos)?	1	2	3	4	5

As questões seguintes perguntam sobre **quão completamente** você tem sentido ou é capaz de fazer certas coisas nestas últimas duas semanas.

		nada	muito pouco	médio	muito	Completamente
10	Você tem energia suficiente para seu dia-a-dia?	1	2	3	4	5
11	Você é capaz de aceitar sua aparência física?	1	2	3	4	5
12	Você tem dinheiro suficiente para satisfazer suas necessidades?	1	2	3	4	5
13	Quão disponíveis para você estão as informações que precisa no seu dia-a-dia?	1	2	3	4	5
14	Em que medida você tem oportunidades de atividade de lazer?	1	2	3	4	5

As questões seguintes perguntam sobre **quão bem ou satisfeito** você se sentiu a respeito de vários aspectos de sua vida nas últimas duas semanas.

		muito ruim	ruim	nem ruim nem bom	Bom	Muito Bom
15	Quão bem você é capaz de se locomover?	1	2	3	4	5
		muito insatisfeito	insatisfeito	Nem satisfeito nem insatisfeito	satisfeito	Muito Satisfeito

16	Quão satisfeito(a) você está com o seu sono?	1	2	3	4	5
17	Quão satisfeito(a) você está com sua capacidade de desempenhar as atividades do seu dia-a-dia?	1	2	3	4	5
18	Quão satisfeito(a) você está com sua capacidade para o trabalho?	1	2	3	4	5
19	Quão satisfeito(a) você está consigo mesmo?	1	2	3	4	5
20	Quão satisfeito(a) você está com suas relações pessoais (amigos, parentes, conhecidos, colegas)?	1	2	3	4	5
21	Quão satisfeito(a) você está com sua vida sexual?	1	2	3	4	5

22	Quão satisfeito(a) você está com o apoio que você recebe de seus amigos?	1	2	3	4	5
23	Quão satisfeito(a) você está com as condições do local onde mora?	1	2	3	4	5
24	Quão satisfeito(a) você está com o seu acesso aos serviços de saúde?	1	2	3	4	5
25	Quão satisfeito(a) você está com o seu meio de transporte?	1	2	3	4	5

As questões seguintes referem-se a **com que frequência** você sentiu ou experimentou certas coisas nas últimas duas semanas.

		nunc	Algumas vezes	frequentement	Muito frequentement	Sempr
26	Com que frequência você tem sentimentos negativos tais como mau humor, desespero, ansiedade, depressão?	1	2	3	4	5

Alguém lhe ajudou a preencher este questionário?  
.....

Quanto tempo você levou para preencher este questionário?  
.....

Você tem algum comentário sobre o questionário?  
.....

OBRIGADA PELA SUA COLABORAÇÃO

**Fonte:** FLECK, M. P. A.; CHACHAMOVICH, E.; TRENTINI, C. Development and validation of the Portuguese version of WHOQOL-OLD. Revista de Saúde Pública, São Paulo, v. 40, n. 5, p. 785-791, out. 2006.

FLECK, M. P. A. et al. Aplicação da versão em português do instrumento abreviado de avaliação da qualidade de vida "WHOQOL-bref". Revista de Saúde Pública [online]. São Paulo, v. 34, n. 2, pp. 178-183, abr. 2000. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0034-89102000000200012>. Epub 06 Ago 2001. ISSN 1518-8787.

## ANEXO 2. FES-I-Brasil

ESCALA INTERNACIONAL DE EFICÁCIA DE QUEDAS - BRASIL (FES-I-Brasil)				
Participante nº: _____		Idade: _____	Sexo: F ( ) M ( )	Data ___/___/2022
<p>Agora, nós gostaríamos de fazer algumas perguntas sobre o quanto você está preocupado com a possibilidade de cair. Para cada uma das atividades a seguir, por favor, marque a alternativa que mais se aproxima da sua própria opinião para mostrar o quanto você está preocupado com a possibilidade de uma queda se você realizasse essa atividade. Por favor, responda considerando como se você comumente faz essa atividade. Se você comumente não faz a atividade (ex: alguém faz as compras para você), por favor, responda como você acha que estaria preocupado em cair se fizesse a atividade.</p>				
Atividades	Não estou preocupado	Um pouco preocupado	Moderadamente preocupado	Muito preocupado
1- Limpando a casa (ex. passar pano, aspirar ou tirar poeira)	1	2	3	4
2- Vestindo ou tirando roupa	1	2	3	4
3- Preparando refeições diárias	1	2	3	4
4- Tomando banho (banheira ou chuveiro)	1	2	3	4
5- Indo às compras	1	2	3	4
6- Sentando ou levantando cadeira	1	2	3	4
7- Subindo ou descendo escadas	1	2	3	4
8- Andando pela vizinhança	1	2	3	4
9- Pegando algum objeto acima da sua cabeça ou no chão	1	2	3	4
10- Atendendo o telefone antes que pare de tocar.	1	2	3	4

11- Andando em superfícies escorregadias (molhadas ou enceradas).	1	2	3	4
12- Visitando um amigo ou parente	1	2	3	4
13- Andando em um local cheio de gente	1	2	3	4
14- Andando em superfícies irregulares (chão com pedras, piso mal conservado ou sem asfalto)	1	2	3	4
15- Subindo ou descendo rampa.	1	2	3	4
16- Saindo para eventos sociais (atividades religiosas, encontros familiares, reunião no clube)	1	2	3	4
<b>Total</b>				
Características do instrumento: Questionário com 16 itens, cada um com escore variando entre 1 e 4 pontos. O escore total pode variar de 16 (ausência de preocupação) e 64 (preocupação extrema). Soma-se o resultado de todos os itens. Pontuação $\geq 23$ pontos sugere associação com histórico de queda esporádica e $\geq 31$ pontos sugere queda recorrente.				
<b>FONTE:</b> CAMARGOS, F.F.O; DIAS, R.C; DIAS, J.M.D.; FREIRE, M.T. F.. Adaptação transcultural e avaliação das propriedades psicométricas da <i>Falls Efficacy Scale</i> - International em idosos Brasileiros (FES-I-BRASIL). Rev Bras Fisioter, vol. 14, n. 3, p.237-43, 2010.				

## ANEXO 3. SSQ

<b>Simulator Sickness Questionnaire (SSQ)</b>					*Utilizado após a RVI
Participante nº: _____ Idade: _____ Gênero: feminino ( ) Masculino ( )					
Qual a sua familiaridade com realidade virtual? Marque uma opção.					
Nunca tive experiência		Tive pouca experiência		Tive muitas experiências	
Para cada um dos sintomas a seguir, marque a intensidade que você está sentindo agora:					
Mal-estar generalizado	Nada	Fraco	Moderado	Forte	
Cansaço	0	1	2	3	
Dor de cabeça	0	1	2	3	
Vista cansada	0	1	2	3	
Dificuldade de manter o foco	0	1	2	3	
Aumento da Salivação	0	1	2	3	
Sudorese	0	1	2	3	
Náusea	0	1	2	3	
Dificuldade de Concentração	0	1	2	3	
Cabeça pesada	0	1	2	3	
Visão embaçada	0	1	2	3	
Tontura com olhos abertos	0	1	2	3	
Tontura com olhos fechados	0	1	2	3	
Vertigem	0	1	2	3	
Desconforto abdominal	0	1	2	3	
Arroto	0	1	2	3	
<b>Descrição do uso:</b> O instrumento foi criado para medir possíveis desconfortos que possam surgir durante à imersão em RV e é recomendável que seja aplicado após a exposição, embora tenha sido usado por pesquisadores antes depois da imersão para fins de comparação da presença de <i>cybersickness</i> nestes dois momentos. Em uma escala de quatro pontos, em que o 0 significava “Ausente”, o 1, “Leve”, o 2, “Moderada” e o 3, “Grave”, os participantes apontam o nível de gravidade de 16 sintomas.					

Fonte: CARVALHO, M. R.; COSTA, R. T.; NARDI, A. E. *Simulator sickness questionnaire*. Tradução e adaptação transcultural. **Jornal Brasileiro de Psiquiatria**, v. 60, n. 4, p. 247–252, 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/jbpsiq/a/trfYrY8LfWzmpwh7Wqn9Cvr/?lang=pt#>.

Acesso em: 8 jun. 2021.