

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
FACULDADE DE MEDICINA DE RIBEIRÃO PRETO
INSTITUTO DE QUÍMICA DE SÃO CARLOS

BRUNA CAROLINA MANIA DUARTE

Desenvolvimento de protocolo para a avaliação dos efeitos da prática com
realidade virtual sobre o controle motor de adultos jovens

São Carlos

2022

BRUNA CAROLINA MANIA DUARTE

Desenvolvimento de protocolo para a avaliação dos efeitos da prática com realidade virtual sobre o controle motor de adultos jovens

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação Interunidades em Bioengenharia da Escola de Engenharia de São Carlos – Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto e Instituto de Química de São Carlos da Universidade de São Paulo, como requisito para a obtenção do Título de Mestre em Ciências.

Área de concentração: Bioengenharia

Orientadora: Profa. Dra. Daniela Godoi Jacomassi

VERSÃO CORRIGIDA

São Carlos

2022

AUTORIZO A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTA TRABALHO,
POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRONICO, PARA FINS
DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Prof. Dr. Sérgio Rodrigues Fontes da
EESC/USP com os dados inseridos pelo(a) autor(a).

D812d Duarte, Bruna Carolina Mania
Desenvolvimento de protocolo para a avaliação dos
efeitos da prática com realidade virtual sobre o
controle motor de adultos jovens / Bruna Carolina Mania
Duarte; orientadora Daniela Godoi Jacomassi. São
Carlos, 2022.

Dissertação (Mestrado) - Programa de
Pós-Graduação Interunidades em Bioengenharia e Área de
Concentração em Bioengenharia -- Escola de Engenharia
de São Carlos; Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto;
Instituto de Química de São Carlos, da Universidade de
São Paulo, 2022.

1. Realidade Virtual. 2. Controle Motor. 3. Adultos
Jovens. I. Título.

Eduardo Graziosi Silva - CRB - 8/8907

FOLHA DE JULGAMENTO

Candidato (a): Bruna Carolina Mania Duarte

Título: “Desenvolvimento de protocolo para a avaliação dos efeitos da prática com realidade virtual sobre o controle motor de adultos jovens”

Data da defesa: 14/12/2022

Comissão Julgadora	Resultado
Prof(a). Dr(a). Daniela Godoi Jacomassi UFSCar - Orientadora	<u>Não Votante</u>
Prof(a). Dr(a). Carlos Bandeira de Mello Monteiro Escola de Arte, Ciências e Humanidades - EACH/USP	<u>Aprovada</u>
Prof(a). Dr(a). Paula Fávaro Polastri Zago Universidade Estadual de São Paulo (UNESP-Bauru)	<u>Aprovada</u>
Prof(a). Dr(a). Karina Gramani Say Universidade Federal de São Carlos - UFSCar	<u>Aprovada</u>



Profa. Dra. Daniela Godoi Jacomassi Orientadora

Presidente da Comissão de Pós-Graduação: Prof. Dr. Adair Roberto Aguiar

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, a Deus e a Nossa Senhora Aparecida que sempre me guiam no caminho da fé e da perseverança para realização de meus sonhos.

À minha família, em especial, ao pais, ao meu irmão e à minha irmã, que sempre me apoiam nos meus objetivos com muito acolhimento e atenção, e nunca me deixam desistir.

Ao meu namorado que sempre permaneceu ao meu lado com muito carinho, paciência e companheirismo, não deixando desistir dos meus objetivos.

À minha orientadora, Professora Doutora Daniela Godoi Jacomassi, que sempre se mostra muito solícita e companheira com seus ensinamentos.

Aos meus amigos e amigas, principalmente aos do Dinâmica- Laboratório de Comportamento Motor, que sempre me auxiliaram com as coletas do projeto e com as experiências dentro do laboratório.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela permissão da bolsa de fomento, na qual possibilitou o desenvolvimento do meu Mestrado.

RESUMO

DUARTE, B. C. M. Desenvolvimento de protocolo para a avaliação dos efeitos da prática com realidade virtual no controle motor de adultos jovens. 2022. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação Interunidades em Bioengenharia da Escola de Engenharia de São Carlos, Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto e Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2022.

O desenvolvimento e crescimento das tecnologias, principalmente, as computacionais permitiu que os videogames gerassem interações entre o usuário e a máquina em tempo real, simulando um mundo real conhecido como Realidade Virtual (RV). A RV usa de alta tecnologia para convencer o usuário de que ele se encontra em outra realidade. A RV se ampliou para além da informática e atualmente vem contribuindo com a prática voltada para diversas áreas com o intuito de proporcionar não apenas o entretenimento, mas também, experiências voltadas para a aprendizagem e treinamento, e uma das áreas que têm se beneficiado desses jogos, é a da saúde. Diversos públicos vêm sendo estudados por meio da relação RV e controle motor, como uma alternativa às intervenções tradicionais. Entretanto, poucos são os estudos que examinaram jovens adultos e quais os efeitos desta prática sobre os processos e mecanismos envolvidos no controle dos movimentos. Além disso, não foram encontrados estudos que comparassem as adaptações em decorrência da prática com RV nesta população, cabe ressaltar, que esse público é considerado como padrão para comparação (grupo controle) com outras populações com algum comprometimento. Portanto, o objetivo primário do estudo foi o desenvolvimento de um protocolo de prática e avaliação que permita investigar os efeitos da prática com RV e da prática real sobre o controle motor de adultos jovens. E o objetivo secundário do estudo foi a aplicação do protocolo desenvolvido para avaliar a sua aplicabilidade e viabilidade. Para isso, foi (a) elaborado um protocolo de prática com atividades a serem realizadas na RV e na prática real (PR), e um protocolo de avaliação para comparar os efeitos da prática com RV e PR no controle motor de adultos jovens; e (b) realizado um estudo de aplicação, no qual participaram duas adultas jovens. Os resultados mostraram (a) o processo de desenvolvimento do protocolo de prática, que incluiu a prática dos jogos (boliche, tênis de mesa, Just Dance, vazamentos na RV e na PR) durante 18 sessões de 20 minutos, 3 vezes na semana, e do protocolo de avaliação que incluiu as avaliações do controle postural, variabilidade da frequência cardíaca (VFC) e na ativação cortical pré e pós intervenção e 1 semana após a intervenção; e que (b) o protocolo desenvolvido pode ser aplicado e se mostrou viável para comparar os efeitos das práticas com RV e PR no controle motor de adultos jovens.

Palavras-chave: Realidade virtual. Controle motor. Adultos jovens.

ABSTRACT

DUARTE, M. C. B. Development of a protocol for the evaluation of the effects of virtual reality practice on the motor control of young adults. 2022. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação Interunidades em Bioengenharia da Escola de Engenharia de São Carlos, Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto e Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2022.

The development and growth of technologies, especially computational ones, allowed video games to generate interactions between the user and the machine in real time, simulating a real world known as Virtual Reality (VR). VR uses high technology to convince the user that he is in another reality. VR has expanded beyond informatics and is currently contributing to the practice aimed at several areas in order to provide not only entertainment, but also experiences aimed at learning and training, and one of the areas that have benefited from these games, is that of health. Several audiences have been studied through the relationship between VR and motor control, as an alternative to traditional interventions. On the other hand, there are few studies that examined young adults and what are the effects of these practices about the processes and mechanisms involved in movement control. In addition, no studies were found that compared the adaptations resulting from the practice with VR in this population, it is worth emphasizing that this public is considered a standard for comparison (control group) with other populations with some impairment. Therefore, the primary objective of the study was the development of a practice and assessment protocol that allows investigating the effects of VR practice and real practice on motor control in young adults. And the secondary objective of the study was the application of the protocol developed to evaluate its applicability and feasibility. For this, a protocol of practice with activities to be carried out in VR and in real practice (RP) was developed, as well as an evaluation protocol to compare the effects of practice with VR and RP on the motor control of young adults; and (b) an application study was carried out, in which two young adults participated. The results showed (a) the process of developing the practice protocol, which included the practice of games (bowling, table tennis, Just Dance, leaks in VR and RP) during 18 sessions of 20 minutes, 3 times a week, and the assessment protocol that included assessments of postural control, heart rate variability (HRV) and cortical activation before and after the intervention and 1 week after the intervention; and that (b) the protocol developed can be applied and proved to be viable to compare the effects of practices with VR and RP on the motor control of young adults.

Keywords: Virtual reality. Motor control. Young adults.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Escolha das mãos para o arremesso do Boliche RV.....	37
Figura 2- Garrafas Simulação Boliche PR.....	37
Figura 3- Bola do boliche PR.....	38
Figura 4- Simulação Boliche PR.....	38
Figura 5- Ilustração mostrando a distância entre cada garrafa na PR do jogo de boliche.....	39
Figura 6- Escolha das mãos para simular o movimento da raquete RV.....	40
Figura 7- Mesa do Tênis de Mesa PR.....	40
Figura 8- Just Dance RV.....	41
Figura 9- Simulação Just Dance PR.....	41
Figura 10- Jogo Vazamentos RV.....	42
Figura 11- Simulação Aquário Vazamentos PR.....	43
Figura 12- Simulação do Jogo Vazamentos PR.....	44
Figura 13- Sequência de aparição dos lasers – Fase 1 e 2.....	44
Figura 14- Sequência de aparição dos lasers – Fase 3 e 4.....	45
Figura 15- Sequência de aparição dos lasers – Fase 5 e 6.	45
Figura 16- Delineamento Experimental.....	47
Figura 17- Avaliação do Controle Postural.....	49
Figura 18- Cinta elástica com sensor de frequência cardíaca.....	52
Figura 19- Pulseira Receptora.....	52
Figura 20- Foto ilustrando o arranjo dos sensores (8 fontes e 2 receptores) do equipamento de ondas contínuas.	54
Figura 21- Densidade da potência espectral quantificada pela área correspondente às bandas de frequência da VFC.	55
Figura 22- Software KinesiOS.....	60
Figura 23- Mudança Pré-Pós Intervenção na Variabilidade AP (a) e ML (b) do CoP.....	66
Figura 24- Mudança Pré-Pós Intervenção na Velocidade AP (a) e ML (b) do CoP	67
Figura 25- Mudança Pré-Pós Intervenção na Amplitude AP (a) e ML (b) do CoP.....	67
Figura 26- SDNN no monitoramento da FC na sessão um, sessão nove, sessão dezoito e na retenção para a PR e RV.....	68
Figura 27- RMSSD no monitoramento da FC na sessão um, sessão nove, sessão dezoito e na retenção para a PR e RV, em ms.....	69

Figura 28- Valores das variáveis LH e HF, em un, no monitoramento da FC na sessão um, sessão nove, sessão dezoito e na retenção na PR (a) e na RV (b).	71
Figura 29- Aumento percentual da FC de cada jogo em relação a FC repouso, na sessão um (a), sessão nove (b), sessão dezoito (c) e na retenção (d) na PR e na RV, em %.....	72
Figura 30- Aumento percentual médio da FC de cada jogo em relação a FC repouso média, em %.....	73
Figura 31- Curva de desempenho – Boliche RV.....	76
Figura 32- Curva de desempenho – Vazamentos RV.....	76
Figura 33- Curva desempenho – Boliche RV.....	77
Figura 34- Quantidade de erros – Tênis de Mesa PR.....	78
Figura 35- Curva de desempenho – Vazamentos PR.....	79

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Randomização das sessões de intervenção.	36
Tabela 2- Variáveis do estudo e suas características em domínio do tempo e da frequência...	54
Tabela 3- Calendário das participantes RV e PR.....	64
Tabela 4- Pontuação dos Jogos RV da participante da RV.....	75
Tabela 5- Pontuação dos Jogos PR da participante da PR.....	77

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

2D- Bidimensional

3D- Tridimensional

ADM- Amplitude de Movimento

AMTI- Advance Mechanical Technology Inc

AP- Ântero-Posterior

BPOACE- Olhos abertos, bipodal e com espuma

BPOASE- Olhos abertos, bipodal e sem espuma

BPOFCE- Olhos fechados, bipodal e com espuma

BPOFSE- Olhos fechados, bipodal e sem espuma

CoP- Centro de Pressão

DT- Desenvolvimento típico.

ENIAC- Electronic Numerical Integrator and Computer

FC- Frequencia Cardíaca

FFT- Transformada rápida de Fourier

fNIRS- funcional Near-Infrared Spectroscopy

HbDiff- Diferença relativa entre o total de hemoglobina e mioglobina

HbO₂- Oxihemoglobina e oximioglobina

HHb- Desoxihemoglobina e desoximioglobina

HMD- Helmet Mounted Display

IMC- Índice de Massa Corporal

MD- Distância média entre sucessivos picos

ML- Médio-Lateral

MP- Valor médio dos picos

MT- Intervalo de Tempo Médio entre sucessivos picos

NIEP- Número de pontos de equilíbrio instantâneo

NUI- Natural User Interface

PC- Paralisia Cerebral

PMR 1- Bandas de Frequência Baixa nas direções AP e ML

PMR 2- Bandas de Frequência Média nas direções AP e ML

PMR 3- Bandas de Frequência Alta nas direções AP e ML

PMR- Potência Média Relativa

PR- Prática Real

RATIO- Rambling ratio

RGB- Red, Green and Blue

RMS- Root Mean Square

RMS_{RM}- Root Mean Square das trajetórias do rambling

RMS_{TR}- Root Mean Square das trajetórias do trembling

RP - Real practice

RRi- Intervalos R-R

RV- Realidade Virtual

SD- Síndrome de Down

SDC- Sway Density Curve

STOACE- Olhos abertos, semi-tandem e com espuma

STOASE- Olhos abertos, semi-tandem e sem espuma

STOFCE- Olhos fechados, semi-tandem e com espuma

STOFSE- Olhos fechados, semi-tandem e sem espuma

TEA- Transtorno do Espectro Autista

tHb- Mudanças relativas no total de hemoglobina e mioglobina

UFSCar- Universidade Federal de São Carlos

VFC- Variabilidade da Frequência Cardíaca

VGA- Vídeo Games Ativos

VR- Virtual Reality

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	17
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	21
3 OBJETIVO	29
3.1 Objetivo Geral.....	29
3.2 Objetivos Específicos.....	29
4 HIPÓTESE	31
4.1 Hipótese Geral	31
4.2 Hipóteses Específicas.....	31
5 MÉTODOS	33
5.1 Desenvolvimento do Protocolo.....	33
5.2 Aplicação do Protocolo.....	33
6 RESULTADOS.....	35
6.1 Desenvolvimento do Protocolo	35
6.1.1 Elaboração e organização das atividades a serem realizadas na RV e PR	35
6.1.1.1 Prática com RV e PR	35
6.1.1.2 Sessões de Prática	35
6.1.1.3 Boliche RV.....	36
6.1.1.4 Boliche PR	37
6.1.1.5 Tênis de Mesa RV	39
6.1.1.6 Tênis de Mesa PR.....	40
6.1.1.7 Just Dance RV	40
6.1.1.8 Just Dance PR	41
6.1.1.9 Vazamentos RV	42
6.1.1.10 Vazamentos PR	42
6.1.2 Protocolo de Avaliação dos efeitos da Prática com RV e PR.....	46
6.1.2.1 Delineamento Experimental.....	46
6.1.2.2 Avaliação do Controle Postural.....	48
6.1.2.2.1 Análise do Controle Postural.....	50
6.1.2.3 Avaliação da VFC	51
6.1.2.3.1 Análise da VFC	52
6.1.2.4 Avaliação da Ativação Cerebral	55
6.1.2.4.1 Análise da Atividade Cortical	56

6.1.2.5 Avaliação do desempenho dos jogos	56
6.1.2.5.1 Boliche RV	56
6.1.2.5.2 Boliche PR.....	57
6.1.2.5.3 Tênis de Mesa RV	58
6.1.2.5.4 Tênis de Mesa PR.....	58
6.1.2.5.5 Just Dance RV	58
6.1.2.5.5.1 Hardware Kinect ONE	58
6.1.2.5.5.2 Software KinesiOS	59
6.1.2.5.6 Just Dance PR.....	60
6.1.2.5.7 Vazamentos RV	60
6.1.2.5.8 Vazamentos PR.....	61
6.1.2.6 Análise estatística	61
6.2 Aplicação do Protocolo	61
6.2.1 Participantes	61
6.2.2 Sessões de prática	62
6.2.3 Avaliações	65
6.2.3.1. Avaliação do controle postural	65
6.2.3.1.1 Variáveis Globais	65
6.2.3.2 Avaliação da VFC	68
6.2.3.2.1 Variáveis do Domínio do Tempo	68
6.2.3.2.2 Variáveis do Domínio da Frequência	69
6.2.3.2.3 Intensidade da FC nos jogos (aumento percentual da FC em cada jogo)	71
6.2.3.3 Avaliação da ativação cerebral	73
6.2.3.4 Desempenhos das participantes na RV e na PR	74
6.2.3.4.1 Desempenhos da participante na RV	74
6.2.3.4.2 Desempenhos da participante na PR	77
6.2.4 Considerações sobre a viabilidade e aplicabilidade	79
7 DISCUSSÃO	81
8 CONCLUSÃO.....	89
9 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	91
REFERÊNCIAS	92

APÊNDICE A - TCLE	105
APÊNDICE B - Questionário para voluntário da PR.....	106
APÊNDICE C - Questionário para voluntário da RV	107
ANEXO A - Aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa da UFSCar	108

1. INTRODUÇÃO

O constante desenvolvimento e crescimento das tecnologias, principalmente, as computacionais, possibilita ao ser humano pode vivenciar momentos sem sua exposição direta ao ambiente físico, tendo o ensejo de realizar atividades reais em ambientes virtuais, o que se pode conceituar como Realidade Virtual (RV) (NASCIMENTO; CARVALHO; COSTA, 2008). A RV é definida como a junção de artigos de informática capazes de criar um ambiente de interação entre o vídeo game e o corpo humano através de informações sensoriais (CONNOLLY *et al.*, 2012). A RV é uma simulação de um mundo real gerada pelo computador (RODRIGUES; PORTO, 2013), através do uso de alta tecnologia para convencer o usuário de que ele se encontra em outra realidade, proporcionando o seu envolvimento por completo (PIMENTEL; TEIXEIRA, 1995).

A RV surge como uma primeira opção de interface de tecnologias interativas tridimensionais (3D), por meio de uma interface avançada entre o homem e a máquina, possibilitando ao usuário a movimentação e interação em tempo real em um ambiente tridimensional, podendo ainda fazer uso de dispositivos multissensoriais para atuação ou feedback (TORI; KIRNER, 2006). Esses dispositivos podem ser equipamentos visuais, auditivos ou físicos e objetivam estimular, eficientemente, a maior quantidade de sentidos e capturar com fidelidade os movimentos dos usuários (RODRIGUES; PORTO, 2013).

A aplicabilidade da RV auxiliou a prática voltada para diversas áreas com o intuito de não proporcionar apenas o entretenimento, mas também, experiências voltadas para a aprendizagem e o treinamento. Essa categoria da RV é vista nos “*serious game*”, uma classe de jogos que, principalmente, visa a simulação de situações práticas do dia-a-dia (MACHADO; MORAES; NUNES, 2009). Espera-se conhecimento, reabilitação, desenvolvimento, movimento, dentre outros benefícios desses tipos de jogos (FARIAS *et al.*, 2013).

Uma das áreas que tem se beneficiado dessa categoria de jogos é a da saúde (MACHADO; MORAES; NUNES, 2009) devido, segundo Corrêa e Nunes (2009) as características de interação, envolvimento e imersão em um ambiente de RV. Alguns desses benefícios são: a alternativa de adequar o espaço virtual na qual auxilia nos objetivos terapêuticos e diminui possíveis contusões, diálogo facilitado, melhora na performance, e possibilidade da progressão nos níveis de dificuldade das atividades propostas (MANCINI *et al.*, 2002). Dessa forma, pessoas saudáveis, com comprometimento cardiovasculares, cognitivo, motor, entre outros vem sendo estudadas por meio da relação RV e controle motor, como uma alternativa às intervenções tradicionais.

Estudos com pessoas com alteração neurológica, como crianças com Paralisia Cerebral (PC), tem observado melhora no desempenho motor (LEAL *et al.*, 2020; MARTINS *et al.*, 2019), melhora na função do braço, na deambulação e no controle postural (CHEN; FANCHIANG; HOWARD, 2018), melhora significativa na marcha, no equilíbrio, na força muscular e na função motora grossa (CHO *et al.*, 2016) após intervenção com RV. Além da maior ativação do córtex motor primário, medida pela espectroscopia de infravermelho próximo funcional (*functional Near-Infrared Spectroscopy - fNIRS*) (YOU *et al.*, 2005), após intervenção com RV, o que contribui para alterações corticais neuroplásticas (PAVÃO *et al.*, 2014).

Relacionado a estudos com pessoas com alterações genéticas, como pessoas com Síndrome de Down (SD) também apresentaram resultados positivos após intervenção com RV, como melhoras nas habilidades de motricidade global, equilíbrio, esquema corporal, organização espacial (LORENZO; BRACCIALI; ARAÚJO, 2015), e melhoras em habilidades motoras e controle postural (BERG *et al.*, 2012). Estudo também mostraram que as características da RV motivam uma criança sedentária ou com doença crônica de obesidade, como comumente são algumas crianças com SD (VIANA *et al.*, 2017) a promover o gasto de energia necessário durante um jogo (GRAF *et al.* 2009), já que os jogos de RV são capazes de proporcionar gastos energéticos de escala leve a moderada em crianças obesas (O'DONOVAN; ROCHE; HUSSEY, 2013) e também em adolescentes obesos (STAIANO *et al.*, 2013).

Idosos saudáveis e idosos não saudáveis também foram investigados em estudos que utilizaram a intervenção com RV. Estudos com pacientes com Doença de Parkinson observaram melhora significativa de desempenho em tarefas simples e combinadas (ALVES *et al.*, 2018) além de melhorias significativas no equilíbrio (LOUREIRO *et al.*, 2012), visto também em idosos saudáveis somados na melhora da velocidade da marcha, da autoestima, da confiança para atividades diárias e da redução do risco de quedas (PINHEIRO *et al.*, 2017).

Os estudos com jovens adultos e RV também observaram melhora em algumas características no controle motor, seja na melhora da agilidade e equilíbrio dinâmico (SU *et al.*, 2015) e na adaptação postural durante a prática de jogos de RV (MICHALSKI *et al.*, 2012). Além da melhora no desempenho dos deslocamentos médio-laterais, após um programa de treinamento em RV (SILVA *et al.*, 2015), redução na frequência cardíaca (FC) (BRITO-GOMES *et al.*, 2018), sinais de melhora para dor lombar (SILVA *et al.*, 2021), redução de ansiedade para dependentes químicos (SILVA; FRÈRE; OLIVEIRA, 2004), ativação cerebral dos lobos parietal e occipital (SERAGLIA *et al.*, 2011) e aumento da oxigenação ao longo do córtex pré-frontal (MORO *et al.*, 2014) após a exposição a RV.

No entanto, embora tenham sido realizados estudos com diversos públicos, ainda não está claro quais os processos e mecanismos envolvidos no controle dos movimentos que são alterados em decorrência da intervenção com RV, resultando em melhora no controle motor destas populações. Estudos que contemplem jovens adultos como público-alvo ainda são insuficientes no âmbito dos efeitos crônicos (ou seja, que resultam da exposição frequente e regular às sessões de exercícios) da intervenção com RV e considerando que adultos jovens é visto como padrão para comparação (grupo controle) com outras populações com algum comprometimento, parece importante compreender, primeiramente, os efeitos dessas práticas com RV e PR com adultos jovens para, posteriormente, comparar com as demais populações. Ademais, não há estudos que comparem diretamente as contribuições da prática com RV com contribuições da PR em parâmetros relacionados ao controle postural, à FC e a ativação cortical.

Dessa forma, considerando que a RV promove a estimulação de vários sentidos simultâneos (visual, auditivo, propriocepção), que o uso de informações sensoriais é um aspecto importante para o controle dos movimentos que são obtidas principalmente por meio dos sistemas visual, vestibular e somatossensorial (NASHNER, 1981), e que existem algumas evidências de que a RV promove também alterações na FC e mudanças associadas com a ativação neuronal em camadas superiores do córtex cerebral, parece pertinente questionar se a prática com RV e a prática real (PR) levam a diferentes adaptações no funcionamento do sistema de controle motor.

2. REVISÃO LITERATURA

Antes do desenvolvimento do primeiro computador digital eletrônico *Electronic Numerical Integrator and Computer* (ENIAC) em 1945, as pessoas utilizavam interfaces naturais, ou seja, seus sentidos, para interagir com o mundo no dia-a-dia. Rara a vez, quando interagiam com máquinas de forma simples acionando alavancas ou apertando botões (KIRNER; SISCOUTTO, 2007).

Para além das vantagens da tecnologia, o computador eletrônico tornou a interação do usuário com a máquina um processo sofisticado, fazendo com que as pessoas se ajustassem às máquinas durante anos. Primeiramente, em ambientes bidimensionais (2D), na qual, comumente, integrava o monitor do computador às aplicações da multimídia, ou seja, as imagens estáticas, dinâmicas e de sons eram controlados na tela do computador através de dispositivos de acesso direto ou indireto (KIRNER; KIRNER, 2011), capazes de armazenar, transmitir e processar informações de forma digital (MARSHALL, 2001).

Para superar a barreira da interação no espaço 2D, surgiram as tecnologias interativas 3D, “que permitem ao usuário manipular informações em um espaço semelhante ao espaço real, vendo, ouvindo e interagindo em três dimensões” (KIRNER; KIRNER, 2011, p.13).

A RV surge como uma primeira opção de interface 3D, propiciando ao usuário interações naturais, já que é, segundo Tori e Kirner (2006, p.7)

[...] uma interface avançada entre o homem e a máquina e possibilita ao usuário a movimentação e interação em tempo real em um ambiente tridimensional, podendo fazer uso de dispositivos multissensoriais para atuação ou feedback.

O uso de dispositivos especiais multisensoriais, como luvas com rastreadores, dispositivos com reação de tato e força, mouses 3D, óculos estereoscópicos, fones de ouvido ou autofalantes com sons espaciais, etc. (BOWMAN *et al.*, 2005), permite o usuário ser transportado para o espaço da aplicação, onde realiza suas interações (KIRNER; SISCOUTTO, 2007).

A RV teve suas origens e bases na década de 60, quando em 1961, os engenheiros da Philco, Comeau e Bryan, criaram um capacete *Helmet Mounted Display* (HMD) que permitia a implementação de telepresença por vídeo e em 1963, com o desenvolvimento do SketchPad, primeiro editor gráfico orientado a objetos, por Ivan Sutherland. No entanto, a RV só ganhou

força na década de 90, quando através do avanço tecnológico houve condições para a execução da computação gráfica interativa em tempo real (KIRNER; SISCOOTTO, 2007).

Com o passar do tempo, a aplicabilidade da RV auxiliou a prática voltada para diversas áreas com o intuito de não proporcionar apenas o entretenimento, mas também, experiências voltadas para a aprendizagem e o treinamento. Essa categoria da RV é vista nos “*serious game*”, uma classe de jogos que, principalmente, visa a simulação de situações práticas do dia-a-dia (MACHADO; MORAES; NUNES, 2009). Esses jogos, “utilizam a conhecida abordagem da indústria de jogos para tornar essas simulações mais atraentes e até mesmo lúdicas, ao mesmo tempo em que oferecem atividades que favorecem a absorção de conceitos e habilidades psicomotoras” (MACHADO; MORAES; NUNES, 2009, p.32).

Uma das áreas que tem se beneficiado dessa categoria de jogos é a da saúde, pois com novos métodos de reabilitação e de ensino de hábitos saudáveis (MACHADO; MORAES; NUNES, 2009), há maior engajamento e motivação tanto para os profissionais como para os pacientes, devido, segundo Corrêa e Nunes (2009) as características de interação, envolvimento e imersão em um ambiente de RV.

É importante esclarecer esses conceitos de interação, envolvimento e imersão em um ambiente de RV. A interação é definida no como o ambiente reage de acordo com a interação do usuário, ou seja, está associada à capacidade de o computador detectar as entradas do usuário e modificar em tempo real o mundo virtual e as ações sobre ele. O envolvimento é o grau de engajamento do usuário em uma aplicação, ou seja, está ligado ao grau de estimulação para o comprometimento de uma pessoa com determinada atividade. Já a imersão é a sensação do usuário de estar dentro de um ambiente virtual, feito através dos dispositivos que transmitem ao usuário a sensação de entrada no ambiente virtualizado, levando seus sentidos sensoriais e atenção para o que está acontecendo dentro desse espaço (RODRIGUES; PORTO, 2013).

Pessoas saudáveis e acometidas com doenças cardiovasculares, neurocognitivas, ou ainda com incapacidades físicas, déficit motor do equilíbrio postural e da marcha, entre outros públicos vem sendo estudados através da relação RV e controle motor, como uma alternativa de superar limitações das intervenções tradicionais, já que Costa *et al.* (2019) observou benefícios da prática de jogos em RV no âmbito do controle motor, como melhora no equilíbrio e função motora, avaliados por exemplo pelo Teste de levantar da cadeira e Teste de Caminhada de 6 minutos, em diferentes populações, visto que os jogos em RV oferecem diferentes estímulos para que o praticante se adapte e atinja os objetivos propostos por meio de suas tarefas durante o jogo.

Na sequência será apresentado de forma mais detalhada alguns resultados encontrados em estudos com pessoas com alterações neurológicas, pessoas com transtorno de neurodesenvolvimento, pessoas com alterações genéticas, pessoas sedentárias e com doença crônica, em idosos e, por fim, com adultos jovens.

Relacionado a pessoas com alterações neurológicas, Martins *et al.* (2019), utilizaram da RV como uma intervenção específica para melhorar a função motora em crianças com Paralisia Cerebral (PC). O estudo foi dividido em dois grupos de crianças e adolescentes de 6 a 19 anos: o grupo PC e o grupo com desenvolvimento típico (DT). A tarefa virtual incluía uma tarefa de temporização coincidente, na qual posicionados a uma distância do monitor do computador, a mão do avatar deveria alcançar virtualmente as esferas alvos que caíam em quatro fileiras durante oito minutos em uma música pré-selecionada na tela do monitor. A influência dessa tarefa virtual em uma tarefa real foi verificada pelos pré e pós-testes feitos em uma tarefa semelhante, mas agora com contato físico, na qual utilizava a barra de espaço do teclado de um computador para quando as esferas chegassem no alvo. E com base nas características de motivação, engajamento e eficácia da RV, indivíduos com PC apresentaram melhor desempenho motor após praticar uma tarefa de RV, embora com pior desempenho do que indivíduos com DT.

Em um estudo de revisão sistemática e metanálise (CHEN; FANCHIANG; HOWARD, 2018) analisando dezenove estudos entre 2002 a 2016, mostrou que jogos de RV construído por engenheiros ou os jogos comercialmente disponíveis são intervenções viáveis para melhorar a função do braço, a deambulação e o controle postural em crianças com PC. Já visto por Cho *et al.* (2016) quando concluiu que características de engajamento e concentração proporcionado pela RV trouxe melhora significativa na marcha, no equilíbrio, na força muscular e na função motora grossa em crianças com PC através do uso RV em treinamento em esteira.

Estudos recentes, também, com pessoas com alterações neurológicas, como o de Leal *et al.* (2020) concluiu que uma tarefa motora realizada por meio de uma interface virtual (com uso do Kinect) em crianças com PC resultou em melhora no desempenho motor quando comparada a uma interface concreta (com contato físico - Touchscreen), no entanto o ambiente virtual não promoveu transferência para um ambiente real, provavelmente porque o ambiente real era mais difícil, exigindo maior precisão de movimento.

You *et al.* (2005) utilizou *fNIRS* para medir a oxigenação em tecido cerebral após quatro semanas de terapia intensiva por RV com uma criança com PC. E verificou uma reorganização cortical com maior ativação de áreas bilaterais do cérebro, promovendo ativação no córtex motor primário, responsável pelo equilíbrio. Karim *et al.* (2012) mostrou também que o uso da

RV também foi capaz de proporcionar o aumento na perfusão sanguínea na área do giro temporal superior, responsável pela performance motora. A partir desses estudos, Pavão *et al.* (2014) concluiu que a imersão em um ambiente virtual por meio do feedback visual pode contribuir para alterações corticais neuroplásticas após terapia com RV.

Relacionado a pessoas com transtorno do neurodesenvolvimento, crianças com Transtorno do Espectro Autista (TEA) também foram beneficiadas pela RV, quando apresentaram melhores resultados do tempo de reação após explorar o uso de letras e números do alfabeto em uma tarefa de realidade aumentada (ANTÃO *et al.*, 2020).

Os efeitos de intervenções com RV também têm sido investigados em pessoas com alterações genéticas, como em pessoas com Síndrome de Down (SD). Uma criança de 10 anos com SD, avaliada pré e pós teste pela Escala de Desenvolvimento Motor (ROSA NETO, 2002) apresentou uma evolução de oito meses na Idade Motora Geral e um ganho em torno de cinco meses no Quociente Motor Geral, após 20 sessões de intervenção (durante 5 meses) com videogame Xbox 360 com sensor Kinect. Mostrando melhoras nas habilidades de motricidade global, equilíbrio, esquema corporal e organização espacial (LORENZO; BRACCIALLI; ARAÚJO, 2015).

Berg *et al.* (2012) apresentou ainda melhorias em habilidades motoras e controle postural em uma criança de 12 anos com SD, após um programa domiciliar de prática dos jogos do Nintendo Wii™ por um período de oito semanas. Além disso, o uso da RV para crianças sedentárias ou crianças com doença crônica, a exemplo da obesidade, como algumas crianças com SD, a RV mostrou-se benéfica para promover o gasto de energia necessário (GRAF *et al.* 2009), pois pode oferecer as vantagens que a criança sedentária ou obesa precisa para motivá-la a realizar, somados a melhora do equilíbrio e motricidade global destas (VIANA *et al.*, 2017). Uma vez que a utilização de vídeo games têm ocupado aproximadamente oito horas diárias na rotina de adolescentes (ARUNDELL *et al.*, 2019), instrumentos de RV, podem ser ferramentas importantes no combate ao ócio (BENZING; SCHMIDT, 2018).

Relacionado ainda à estudos com a doença crônica obesidade, O'Donovan, Roche e Hussey (2013), em um estudo com crianças obesas, observou que certos tipos de vídeo games ativos (VGA), como o Nintendo Wii™ e Xbox Kinect™, foram capazes de proporcionar gastos energéticos de escala leve a moderada, podendo substituir atividades sedentárias e promovendo uma atividade física moderada. O mesmo foi observado em adolescentes obesos (STAIANO *et al.*, 2013). Neste mesmo contexto, Maddison *et al.* (2011) observou que sessões de VGA também contribuíram de maneira positiva na melhora do Índice de Massa Corporal (IMC) e composição corporal em crianças com sobrepeso.

Estudos relacionando RV com idosos também são vistos na literatura. Alves *et al.* (2018) observou melhora significativa de desempenho em tarefas simples e combinadas realizadas por idosos não saudáveis, como os idosos com Doença de Parkinson após intervenção com RV. Loureiro *et al.* (2012), mostrou melhorias estatisticamente significativas no equilíbrio de idosos pacientes com Doença de Parkinson, após uma intervenção com os jogos Penguin Slide, Ski Slalom, Soccer Heading e Table Tilt do Nintendo Wii™ em um período de cinco semanas, com duas visitas por semana com duração de 20 minutos cada, concluindo que o envolvimento desses usuários durante os jogos e o feedback em tempo real proporcionado pelos jogos de RV, potencializou os sistema de ajustes de equilíbrio nessa população.

Em relação a idosos saudáveis e a aplicabilidade da RV, Pinheiro *et al.* (2017) avaliou a eficácia da RV sobre o equilíbrio de idosos, por meio de uma revisão bibliográfica a partir de estudos do tipo ensaio clínico e caso-controle, entre os anos de 2010 a 2015, e foi visto na maioria dos estudos, uma melhora nos índices de equilíbrio, da velocidade da marcha, da autoestima, confiança para atividades diárias e redução do risco de quedas. Resultados semelhantes foram encontrados por Donath, Rössler e Faude (2016) quando observaram uma melhora no equilíbrio de idosos saudáveis depois de algumas sessões experimentando a RV em um estudo comparando a prática virtual com o treino funcional convencional. Gomes *et al.* (2017) considerara ainda, o VGA por meio de jogos interativos da Nintendo Wii Fit Plus™, uma intervenção eficiente na melhora do controle motor de idosos frágeis.

Por fim, relacionado a estudos com adultos jovens, Caiana *et al.* (2016), analisou, através de uma revisão integrativa de literatura, entre 2004 e 2014, o como a RV vem sendo utilizada nos processos terapêuticos ocupacionais, a partir de publicações nacionais. E em relação a faixa etária mais presente, na qual foi utilizada a RV, encontrou-se uma maior porcentagem em adolescentes e adultos jovens. Fortin (2006), justifica a maior porcentagem nesse público, pelo fato de adolescentes e jovens, dos anos 1980 até atualmente, já nascerem inseridos em um meio digital e, conseqüentemente, na vida virtual e nos jogos eletrônicos.

O adulto jovem saudável, no ambiente virtual, se beneficia nas funções motoras, cognitivas e psicoativas (OLIVEIRA; SILVA; ZAPAROLI, 2011), já que esse ambiente propicia aprendizagem no desempenho e descobertas de novas sensações, além da RV possibilitar a repetição das ações livremente (PEREZ; NEIVA; MONTEIRO, 2014), como por exemplo, vivenciar situações que, às vezes, o indivíduo não tem como executar por fatores externos, a exemplo de uma prática de esqui em uma cidade com o clima tropical. No entanto, seus fatores internos saudáveis, como a ausência de comprometimento motor, cognitivo ou ainda cardiovasculares, possibilita a realização de movimentos que não são recompensados

quando na prática do jogo, pois não há impossibilidade de realizar determinados movimentos, diferentemente, de populações especiais.

As pesquisas com jovens adultos e RV tem observado melhora da agilidade e equilíbrio dinâmico (SU *et al.*, 2015), menores Tempo de Reação Complexo (GUZMÁN; LÓPEZ-GARCÍA, 2016), melhora na adaptação postural durante a prática de jogos de RV (MICHALSKI *et al.*, 2012), melhora do desempenho dos deslocamentos médio-laterais, após um programa de treinamento em RV utilizando jogos que estimulasse o treinamento do deslocamento médio-lateral (SILVA *et al.*, 2015), além de que a execução dessas jogadas durante os jogos provocou impactos positivos no organismo, como o fortalecimento da musculatura, facilidade para recuperação dos movimentos, maior ativação da atividade cerebral e aumento da capacidade de concentração e controle postural (SILVA *et al.*, 2015).

Protocolos de treinamentos com RV com adultos jovens apresentaram ainda redução na FC (BRITO-GOMES *et al.*, 2018), FC de leve à moderada durante o jogo de boxe do Nintendo Wii (BARBOSA, 2013), proposta de atividade física de intensidade leve a moderada para sedentários (GRAVES *et al.*, 2010), além de sinais de melhora para dor lombar (SILVA *et al.*, 2021) e redução de ansiedade para dependentes químicos (SILVA; FRÈRE; OLIVEIRA, 2004).

Estudo com adultos jovens saudáveis e RV, utilizando o fNIRS, também são vistos na literatura. Burin *et al.*, (2020) mostrou que uma intervenção virtual baseada em exercício aeróbico intermitente de alta intensidade, realizada exclusivamente pelo próprio corpo virtual em perspectiva de primeira pessoa, apresentou maior ativação do córtex pré-frontal dorsolateral esquerdo, após oito séries de 30 segundos de corrida seguidos de 30 segundos de caminhada lenta, enquanto o sujeito está completamente parado. Holper *et al.*, (2010) mostrou que o ambiente de RV interativo foi capaz de ativar o sistema de observação de ação durante o desempenho de observação, imagens motoras e imitação de ações manuais provocadas por um ambiente de RV

Moro *et al.*, (2014) também mostram aumento da oxigenação ao longo do córtex pré-frontal, após solicitar aos participantes a ficarem descalços enquanto assistiam a uma representação virtual tridimensional de si mesmos projetada em uma tela. Eles foram solicitados a manter o equilíbrio em uma prancha virtual *blue swing* suscetível a perturbações desestabilizadoras externas. Estudos, mostram, portanto que intervenções e treinamentos multissensoriais com RV vem sendo utilizadas, devido a melhora na neuroplasticidade do cérebro (TEO *et al.*, 2016).

Apesar da existência de tantos estudos com diversos públicos, ainda não está claro quais os processos e mecanismos envolvidos no controle dos movimentos que são alterados em

decorrência da intervenção com RV; o que levaria a melhora do controle motor destas populações. Estes estudos utilizam da RV como intervenção, mas pouco se sabe sobre as adaptações e os efeitos que essa prática promove no controle motor que justificam as alterações positivas observadas na literatura citada.

Considerando que o controle motor se refere à capacidade de regular e orientar os mecanismos essenciais para a realização do movimento (SHUMWAY-COOK; WOOLLACOTT, 2003), entender os mecanismos e processos envolvidos neste controle significa compreender o funcionamento de todos os sistemas (sistemas sensoriais, sistemas motores, sistema nervoso central,...) envolvidos no controle dos movimentos e, principalmente, como estes sistemas se relacionam.

Dentre esses vários sistemas envolvidos no controle motor, um aspecto importante para o controle dos movimentos é o uso de informações sensoriais. As informações sensoriais são obtidas principalmente por meio dos sistemas visual, vestibular e somatossensorial (NASHNER, 1981). Entretanto, sempre que as condições do ambiente ou do sistema nervoso se alteram, as informações sensoriais provenientes destes sistemas sensoriais devem ser dinamicamente repesadas, ou seja, aumentam ou diminuem na influência de um estímulo sensorial específico (NASHNER; BLACK; WALL, 1982), de modo a controlar a estabilidade postural (HORAK; MACPHERSON, 1996). Este processo de constantemente alterar a contribuição de uma fonte de informação, provenientes dos sistemas visual, vestibular e somatossensorial, em detrimento de outra fonte em função das alterações do contexto é conhecido como *reweighting* sensorial. Este processo é um aspecto importante para o funcionamento do sistema de controle postural e, tendo em vista que o controle postural não envolve somente o equilíbrio, mas também a capacidade de assumir e manter uma orientação desejada (CLARK, 2007), este aspecto também influencia no desempenho de qualquer habilidade motora.

E considerando que a RV promove a estimulação de vários sentidos simultâneos (visual, auditivo, propriocepção), que são recebidas através de um avatar, que responde aos movimentos do corpo do jogador em diferentes segmentos (braços, pernas e/ou corpo todo), ou através da imitação pelo jogador para realizar uma tarefa, esse processo poderia agregar a formação de memória (VAN GOG *et al.*, 2008), melhorando a reprodução das respostas motoras e dizendo se houve plasticidade neural diante da atividade praticada (LIMA *et al.*, 2017).

Por tudo isso, apesar do número cada vez maior de estudos com RV, algumas questões ainda precisam ser esclarecidas. Por exemplo, ainda não está claro quais os processos e mecanismos envolvidos no controle dos movimentos que podem ser alterados em decorrência

da intervenção com RV, como por exemplo o funcionamento do sistema de controle postural, o uso de informações sensoriais, a variabilidade da frequência cardíaca (VFC) e a atividade cortical. Além disso, os estudos que abordem efeitos crônicos da intervenção com RV sendo o público-alvo os jovens adultos ainda são insuficientes. Adicionalmente, não há estudos que comparem diretamente as contribuições da prática com RV com contribuições da PR, principalmente em parâmetros relacionados ao controle postural, à FC e à ativação cortical, além de analisar a diferença desses parâmetros no desempenho da prática com RV e da PR. Considerado as características da prática com RV e da PR, parece pertinente questionar se elas levarão a diferentes adaptações no funcionamento do sistema de controle motor. Mais especificamente, será que as práticas real e virtual influenciarão de forma diferente o uso de informações sensoriais, estabilidade postural, VFC e atividade cortical de adultos jovens?

3. OBJETIVO

3.1. Objetivo Geral

O objetivo primário do estudo foi o desenvolvimento de um protocolo de prática e avaliação que permita investigar os efeitos da prática com RV e PR sobre o controle motor de adultos jovens. E o objetivo secundário do estudo foi a aplicação do protocolo desenvolvido para avaliar a sua aplicabilidade e viabilidade.

3.2. Objetivos Específicos

Desenvolver um protocolo que permita examinar os efeitos da prática com RV e com a PR sobre o controle postural de adultos jovens durante a manutenção da posição em pé, pré intervenção e pós intervenção.

Desenvolver um protocolo que permita examinar os efeitos da prática com RV e com a PR sobre a VFC de adultos jovens pré intervenção, pós intervenção e uma semana após o término da intervenção.

Desenvolver um protocolo que permita examinar os efeitos da prática com RV e com a PR sobre a atividade cortical de adultos jovens pré intervenção, pós intervenção e uma semana após o término da intervenção.

Desenvolver um protocolo que permita examinar os efeitos da prática com RV e com a PR sobre o desempenho nos jogos com RV e da PR pré intervenção, pós intervenção e uma semana após o término da intervenção.

Aplicar o protocolo desenvolvido a fim de avaliar a sua aplicabilidade e viabilidade.

4. HIPÓTESE

4.1. Hipótese Geral:

Acredita-se que:

- a) Será possível desenvolver um protocolo de prática e avaliação que permitirá investigar os efeitos das práticas com RV e a PR sobre o controle motor de adultos jovens;
- b) Será possível avaliar a aplicabilidade e a viabilidade do protocolo desenvolvido.

4.2. Hipóteses Específicas:

Mais especificamente, acredita-se que:

- a) O protocolo desenvolvido será viável (viabilidade) e poderá ser aplicado (aplicabilidade);
- b) A aplicação do protocolo desenvolvido permitirá observar as diferenças na estabilidade postural, no uso de informações sensoriais, na VFC, na atividade cortical e no desempenho nos jogos de adultos jovens quando comparadas as avaliações pré e pós intervenção com RV e PR;
- c) A aplicação do protocolo desenvolvido permitirá observar adaptações no sistema de controle motor diferentes para a prática com RV e a PR.

5. MÉTODOS

Os procedimentos metodológicos foram divididos em duas etapas: 1) Desenvolvimento do protocolo para comparar os efeitos da prática com RV e da PR sobre os mecanismos e processos envolvidos no controle dos movimentos; e 2) Aplicação do protocolo desenvolvido.

5.1 Desenvolvimento do Protocolo

O objetivo desta etapa foi o desenvolvimento de um protocolo que permitisse comparar os efeitos da prática com RV e da PR sobre o controle motor de adultos jovens.

Para isso, foi desenvolvido um protocolo que inclui um protocolo de prática e um protocolo de avaliação. O protocolo de prática desenvolvido foi inspirado em Cavalcante Neto (2018), que desenvolveu um protocolo para, sistematicamente, comparar os efeitos de duas intervenções motoras (uma baseada em atividades motoras do Nintendo Wii® e outra não baseada no Nintendo Wii®) no desempenho motor em crianças com transtorno do desenvolvimento da coordenação e que teve o intuito de entender melhor os benefícios de intervenção baseada nas atividades do Wii sobre aquelas obtidas com intervenções sem o uso do Nintendo Wii em crianças com transtorno do desenvolvimento da coordenação. O protocolo de avaliação foi desenvolvido para permitir a avaliação de parâmetros relacionados à VFC, à atividade cortical, e ao controle postural.

5.2 Aplicação do Protocolo

Nesta etapa, o objetivo foi aplicar o protocolo desenvolvido a fim de verificar a aplicabilidade e viabilidade do protocolo.

Foram convidados a participar do estudo adultos jovens (idade 18-30 anos) sem experiência prévia com Xbox 360° Kinect™ randomizados em um dos dois grupos de intervenção: 1) Grupo Realidade Virtual (RV) ou 2) Grupo Prática Real (PR). Os critérios de exclusão foram: a) apresentar Índice de Massa Corporal (IMC) correspondente à condição de obesidade; b) apresentar quaisquer alterações visuais, musculoesqueléticas, físicas e/ou neurológicas que possam comprometer a realização das avaliações e das sessões de prática propostas neste estudo e; c) ter experiência prévia com os jogos incluídos no protocolo de prática (tanto da RV quanto PR).

Os participantes foram recrutados por meio de contatos com amigos e colegas da comunidade de São Carlos e avaliados no Departamento de Educação Física e Motricidade Humana da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). Somente participaram do estudo os adultos que, após serem informados acerca dos procedimentos experimentais aos quais seriam submetidos, assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (APÊNDICE A), devidamente aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos da UFSCar. (Parecer nº 3.852.153, CAAE: 28448920.8.0000.5504) (ANEXO A).

6. RESULTADOS

6.1. Desenvolvimento do Protocolo.

O protocolo desenvolvido incluiu: a) elaboração e organização das atividades a serem realizadas na prática com RV e na PR; e b) definição dos procedimentos para avaliar os processos e mecanismos envolvidos no controle dos movimentos dos participantes das práticas com RV e real. O desenvolvimento do protocolo está detalhadamente descrito nos próximos tópicos.

6.1.1. Elaboração e organização das atividades a serem realizadas na RV e PR.

6.1.1.1. Prática com RV e PR

Para a prática com RV, foi escolhido o console de videogame Xbox 360™, sendo utilizado juntamente com o Kinect™, que é um dispositivo que permite aos usuários controlar e interagir com o vídeo game sem o uso de um controle tradicional.

Os jogos utilizados na prática virtual e real, foram escolhidos de acordo com a possibilidade de reprodução na PR e que proporcionassem a experiências de características variadas, como: o equilíbrio, o tempo de reação, o ritmo, a coordenação e o envolvimento de diferentes segmentos corporais.

6.1.1.2. Sessões de Prática

Após a randomização dos participantes em um dos dois grupos propostos, os participantes iniciaram o protocolo com as práticas com RV ou com PR que serão detalhadamente descritas nos itens abaixo.

O grupo RV realizou sessões com o equipamento Xbox 360 Kinect™, nas quais os jogos do Boliche e Tênis de Mesa do Xbox 360 Kinect™ Sports, Vazamentos do Xbox 360 Kinect™ Adventures e Just Dance do Xbox 360 Kinect™ foram jogados. Já o grupo PR realizou sessões de PR dos mesmos jogos realizados pelos participantes do grupo RV, mas feitos sem o uso da RV. Os jogos foram randomizados e as duas participantes (RV e PR) seguiram a mesma randomização dos jogos (Tabela 1).

As pontuações dos jogos realizados em cada sessão de ambos os grupos foram anotadas, e todas as sessões foram filmadas a fim de evitar possíveis erros nas anotações. O Just Dance 1 é equivalente a música 1 “Cake by the ocean”, o Just Dance 2 é equivalente a música 2 “I don’t wanna know” e o Just Dance 3 é equivalente a música 3 “I love Rock’n Roll”.

Tabela 1: Randomização das sessões de intervenção.

SEMANA	SESSÃO	JOGOS			
1	1	BOLICHE	TÊNIS DE MESA	VAZAMENTOS	JUST DANCE 1
1	2	JUST DANCE 2	VAZAMENTOS	BOLICHE	TÊNIS DE MESA
1	3	TÊNIS DE MESA	BOLICHE	JUST DANCE 3	VAZAMENTOS
2	4	VAZAMENTOS	JUST DANCE 2	TÊNIS DE MESA	BOLICHE
2	5	JUST DANCE 3	TÊNIS DE MESA	BOLICHE	VAZAMENTOS
2	6	BOLICHE	VAZAMENTOS	TÊNIS DE MESA	JUST DANCE 1
3	7	VAZAMENTOS	BOLICHE	JUST DANCE 3	TÊNIS DE MESA
3	8	TÊNIS DE MESA	JUST DANCE 1	VAZAMENTOS	BOLICHE
3	9	VAZAMENTOS	BOLICHE	TENIS DE MESA	JUST DANCE 2
4	10	JUST DANCE 1	TENIS DE MESA	VAZAMENTOS	BOLICHE
4	11	TÊNIS DE MESA	JUST DANCE 3	BOLICHE	VAZAMENTOS
4	12	BOLICHE	VAZAMENTOS	JUST DANCE 2	TÊNIS DE MESA
5	13	TÊNIS DE MESA	JUST DANCE 2	BOLICHE	VAZAMENTOS
5	14	JUST DANCE 1	VAZAMENTOS	TÊNIS DE MESA	BOLICHE
5	15	VAZAMENTOS	BOLICHE	JUST DANCE 3	TÊNIS DE MESA
6	16	BOLICHE	TÊNIS DE MESA	VAZAMENTOS	JUST DANCE 3
6	17	JUST DANCE 2	BOLICHE	TÊNIS DE MESA	VAZAMENTOS
6	18	TÊNIS DE MESA	VAZAMENTOS	JUST DANCE 1	BOLICHE
RETENÇÃO	RETENÇÃO	VAZAMENTOS	JUST DANCE 2	BOLICHE	TÊNIS DE MESA

Fonte: Própria autora

6.1.1.3. Boliche RV

Esse jogo é realizado contra o computador. O jogador se posiciona na área definida pelo Sensor do Xbox 360 Kinect™. O objetivo é realizar os arremessos e tentar derrubar o maior número de pinos, para isso o jogador deve estender o braço à direita ou à esquerda para pegar a bola que se encontra na tela do jogo (Figura 1) e simular o lançamento da bola na pista em direção aos pinos. Ao todo são feitos 10 blocos de arremessos com duas chances de arremesso em cada bloco, totalizando 20 jogadas de bola em uma partida.

Figura 1- Escolha das mãos para o arremesso do Boliche RV



Fonte: Youtube (2022a)

6.1.1.4. Boliche PR

O jogo de boliche real é realizado com a utilização de 10 garrafas PET de 2L contendo em torno de 700ml de água cada (Figura 2). O objetivo da atividade é arremessar uma bola tonificante Soft Ball, emborrachada e preenchida de areia por dentro, de 2kg e diâmetro 13,5cm (Figura 3) em direção às garrafas e derrubar o maior número possível de uma vez (Figura 4).

Figura 2- Garrafas Simulação Boliche PR



Fonte: Própria autora

Figura 3- Bola do boliche PR.



Fonte: Rope Store Life Sportes (2022)

Figura 4- Simulação Boliche PR



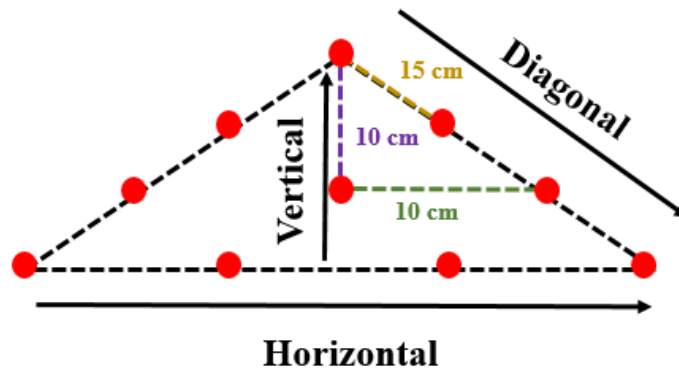
Fonte: Própria autora

A pista do boliche é baseada no estudo de Cavalcanti Neto (2018), na qual realizou uma pista de 6,03 metros para crianças de 9 e 10 anos. Portanto, é realizado uma pista proporcional a essa metragem, mas agora para adultos de 18 anos, resultando em uma pista de 10,85m. Não é possível realizar a média entre as idades de 18 a 30 anos (público alvo do estudo) para então realizar a metragem da pista, pois o tamanho da pista é muito grande e então inviável para que a bola chegasse com força até as garrafas. O mesmo aconteceu quando tentou-se comparar com a metragem da pista original do boliche. Dessa forma a melhor metragem encontrada e viável é a de 10,85m.

A distância entre as garrafas é baseada na distância dos pinos originais do boliche, já que Cavalcanti Neto (2018), que utilizou também utilizou esse jogo, não relatou as distâncias

dos pinos utilizadas em seu estudo. Dessa forma, a distância entre cada pino da pista original do boliche é de 30,5cm. Já que a pista original do boliche possui 18,02m e a distância entre os pinos é de 30,5cm, é realizada uma distância entre os pinos para a realização do estudo, proporcional a pista realizada no projeto de 10,85m, sendo então a distância entre as garrafas de 18,3cm. No entanto, após testes, a distância ainda era muito grande entre cada garrafa e então a distância entre cada garrafa foi adaptada, conforme o resultado já obtido de 18,3cm. Com isso, a distância paralela entre cada garrafa na horizontal e na vertical é de 10cm e a distância entre cada garrafa paralela na diagonal é de 15 cm (Figura 5).

Figura 5- Ilustração mostrando a distância entre cada garrafa na PR do jogo de boliche



Fonte: Própria autora (imagem meramente ilustrativa)

6.1.1.5. Tênis de Mesa RV

Esse jogo é realizado contra o computador, no terceiro nível de dificuldade de quatro níveis de dificuldade. O participante se posiciona na área definida pelo Sensor do Xbox 360 Kinect™. O participante deve simular o movimento da raquete com a palma de sua mão, podendo escolher qual mão utilizar (Figura 6).

Para o saque, o movimento é semelhante ao do jogo real, na qual joga a bola para cima com a mão oposta da utilizada para rebater a bola.

Figura 6- Escolha das mãos para simular o movimento da raquete RV



Fonte: Youtube (2022b)

6.1.1.6. Tênis Mesa PR

O jogo de tênis de mesa é realizado com a elevação de uma das duas metades da mesa, permitindo que os voluntários joguem e rebatem a bola novamente com sua raquete (Figura 7). O objetivo é de criar um ciclo da bola bater na metade elevada da mesa após atingir a parte horizontal da mesa e voltar para a raquete do participante, caracterizando assim como o movimento correto.

Figura 7- Mesa do Tênis de Mesa PR



Fonte: própria autora

6.1.1.7. Just Dance RV

O participante posiciona-se na área definida pelo Sensor do Xbox 360 Kinect™. O objetivo desse jogo é dançar três músicas definidas (uma em cada sessão, de forma randomizada) e acompanhar a coreografia do dançarino (a) na tela (Figura 8). São escolhidas três músicas: Cake by the ocean, I don't wanna know e I love Rock'n Roll.

Essas músicas são escolhidas pelo fato de não exigirem grande performance, além de os dançarinos da tela serem neutros, ou seja, não inibirem o voluntário feminino ou masculino no momento da dança e por realizarem a maioria dos movimentos no plano frontal, o que influencia para analisar os dados do Just Dance pelo hardware Kinect ONE juntamente com software KinesiOS (que serão descritos nos tópicos 6.1.2.5.5.1 e 6.1.2.5.5.2).

Figura 8- Just Dance RV



Fonte: Youtube (2022c)

6.1.1.8. Just Dance PR

No jogo Just Dance da PR, o voluntário deve executar a dança de acordo com a coreógrafa que reproduz a mesmas três coreografias (Cake by the ocean, I don't wanna know e I love Rock'n Roll) da prática virtual (Figura 9). Diferente da prática virtual, os participantes não sabem os movimentos seguintes da coreografia.

Figura 9- Simulação Just Dance PR



Fonte: própria autora

6.1.1.9. Vazamentos RV

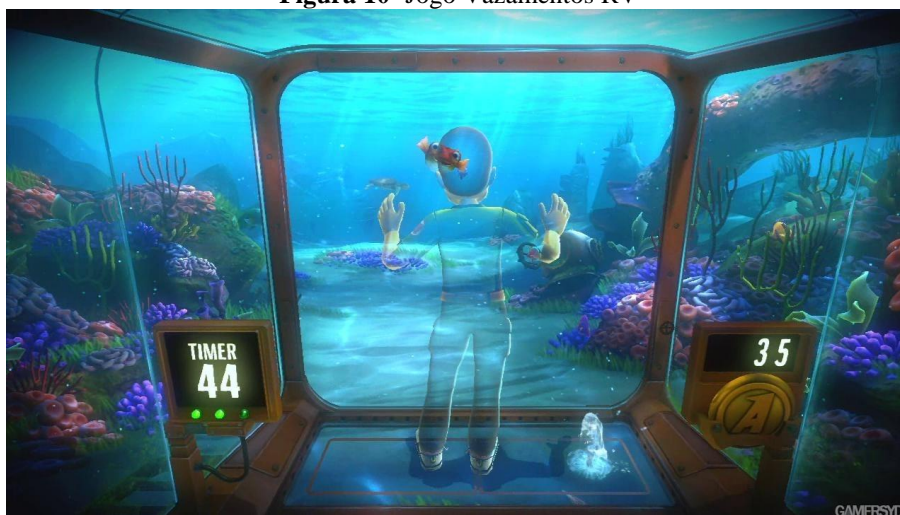
No jogo Vazamentos, o avatar se encontra dentro de um vidro com água e peixes do lado externo, o objetivo é impedir os vazamentos causados pelos peixes nos vidros, o mais rápido possível, utilizando qualquer parte do corpo (Figura 10).

O jogo é composto por seis fases, as fases de 1 a 3 fazem parte da etapa 1 e as fases de 4 a 6 fazem parte da etapa 2:

- 1ª fase: 30 segundos: com 9 vazamentos apenas na frente do avatar;
- 2ª fase: 45 segundos: com 14 vazamentos na frente e abaixo do avatar;
- 3ª fase: 45 segundos: com 17 vazamentos, em todas as direções, na frente, abaixo, na direita e na esquerda do avatar;
- 4ª fase: 45 segundos: com 11 vazamentos na frente e abaixo do avatar;
- 5ª fase: 45 segundos: com 13 vazamentos na frente e abaixo do avatar;
- 6ª fase: 45 segundos: com 16 vazamentos na frente e abaixo do avatar.

É observada uma sequência de buracos que se repete em todas as jogadas e os peixes aparecem antes de fazerem o buraco no vidro.

Figura 10- Jogo Vazamentos RV



Fonte: Youtube (2022d)

6.1.1.10. Vazamentos PR

É simulada a estrutura de um aquário com um tecido branco e translúcido, no qual pessoas ficam ao redor deste com lasers simulando o vazamento causado pelos peixes (Figura 11). O feedback “de tampar o buraco realizado no aquário” às pessoas que manipulam os lasers

é dado através da sombra da mão do voluntário no momento em que ele encosta nas luzes dos lasers (Figura 12). Durante a simulação, a sombra do direcionamento dos lasers das pessoas que estão manipulando-os simula a dica de que o peixe faria outro furo no aquário.

Também é composta por seis fases, na qual as fases de 1 a 3 fazem parte da etapa 1 e as fases de 4 a 6 fazem parte da etapa 2, com o mesmo tempo, quantidade e sequencia de projeções de lasers como na prática da RV:

- 1ª fase: 30 segundos: com 9 vazamentos apenas na frente do avatar;
- 2ª fase: 45 segundos: com 14 vazamentos na frente e abaixo do avatar;
- 3ª fase: 45 segundos: com 17 vazamentos, em todas as direções, na frente, abaixo, na direita e na esquerda do avatar;
- 4ª fase: 45 segundos: com 11 vazamentos na frente e abaixo do avatar;
- 5ª fase: 45 segundos: com 13 vazamentos na frente e abaixo do avatar;
- 6ª fase: 45 segundos: com 16 vazamentos na frente e abaixo do avatar.

Figura 11- Simulação Aquário Vazamentos PR



Fonte: Própria autora

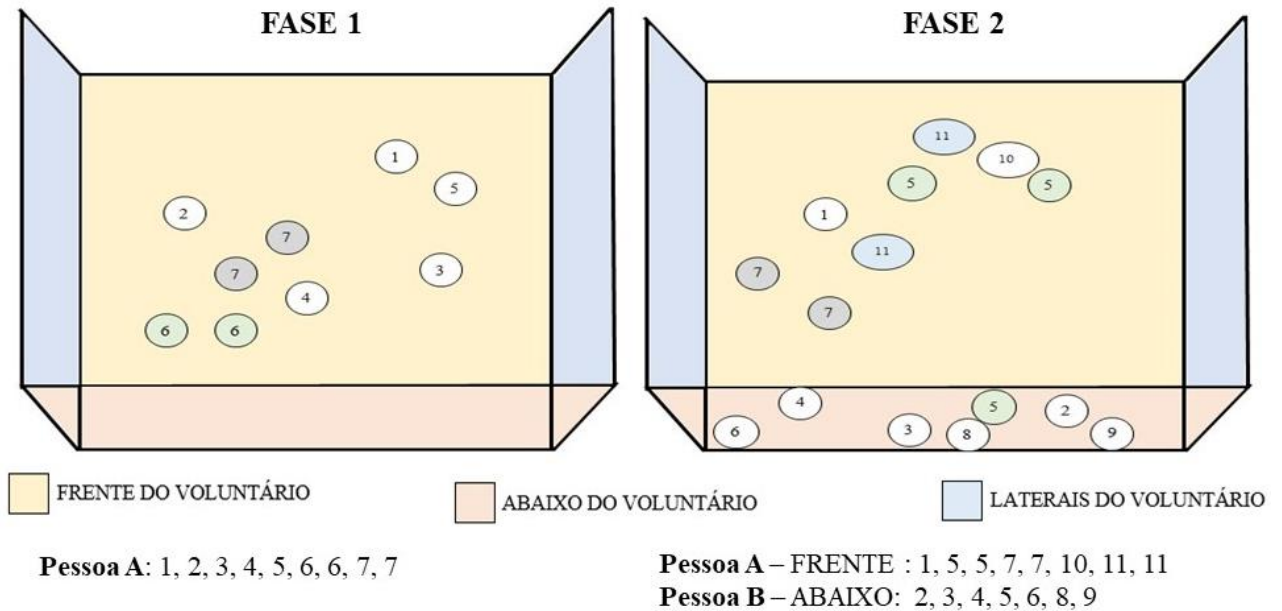
Figura 12- Simulação do Jogo Vazamentos PR



Fonte: Própria autora

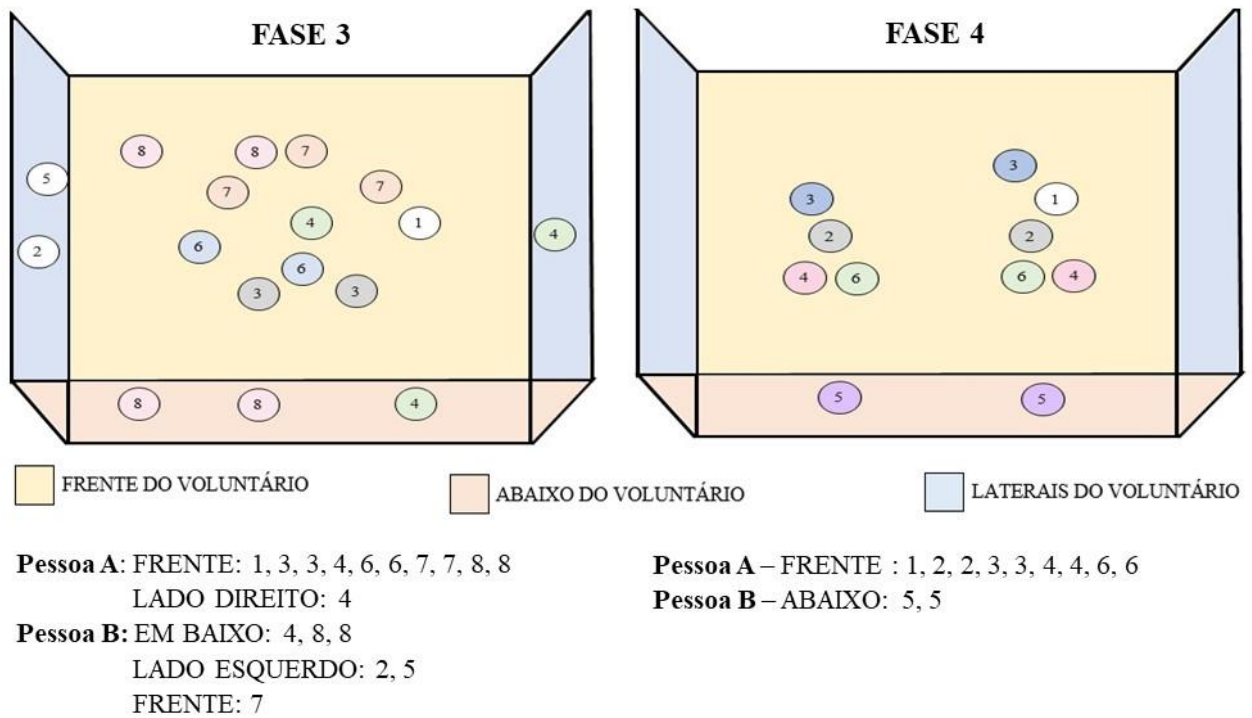
As pessoas que manipulam os lasers são treinadas a seguir as seguintes sequencias da aparição dos lasers em cada uma das fases (Figuras 13, 14, 15).

Figura 13- Sequência de aparição dos lasers – Fase 1 e 2.



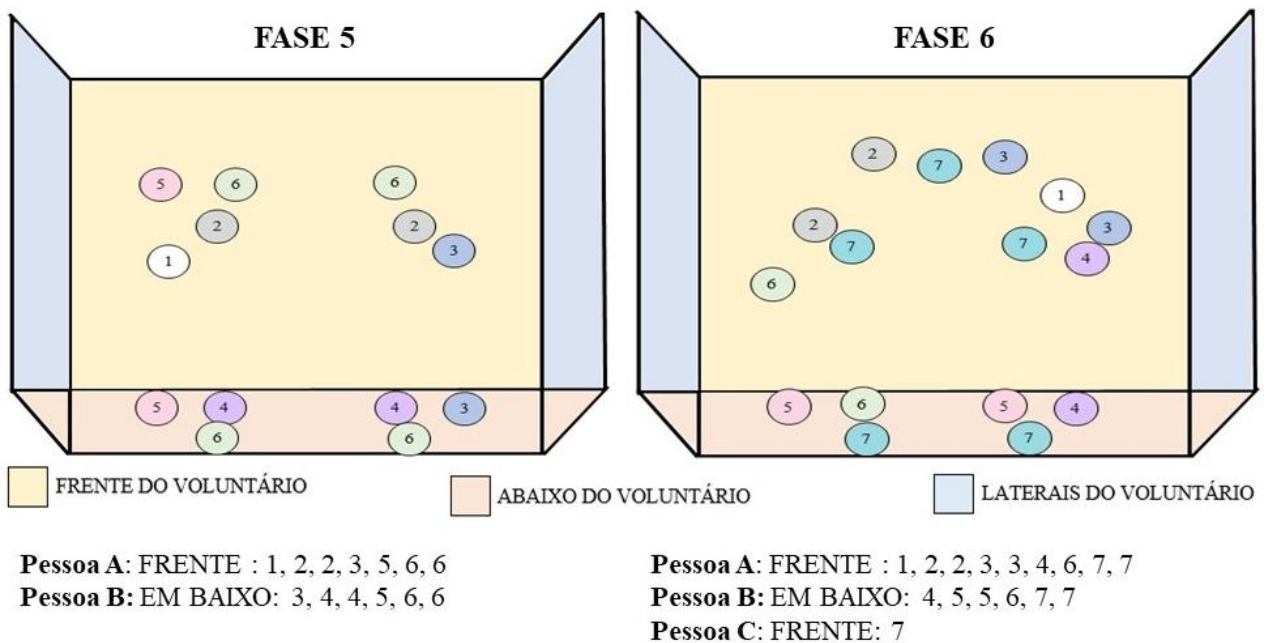
Fonte: Própria autora

Figura 14- Sequência de aparição dos lasers – Fase 3 e 4.



Fonte: Própria autora

Figura 15- Sequência de aparição dos lasers – Fase 5 e 6.



Fonte: Própria autora

6.1.2. Protocolo de Avaliação dos efeitos da Prática com RV e PR

Para avaliar o efeito das práticas foram elaborados alguns procedimentos que serão apresentados a seguir

6.1.2.1. Delineamento Experimental

Os participantes fazem a primeira visita (Pré-Intervenção) ao laboratório, de maneira individual, para a realização da avaliação do controle postural e da ativação cerebral, além de uma anamnese (para saber se estes não incluem nos critérios de exclusão da pesquisa) somadas a familiarização dos jogos que foram selecionados. Em seguida, são submetidos a um protocolo de prática com duração média de 20 minutos, 3 vezes na semana, durante 6 semanas, totalizando 18 sessões, de acordo com o grupo de randomização selecionado.

Finalmente, voltam ao laboratório para realização da avaliação do controle postural e da ativação cerebral (Pós-Intervenção). Após 10 dias da semana do término da última intervenção os participantes são reavaliados (Teste de Retenção) na VFC e na ativação cerebral enquanto em repouso (na VFC durante 5 minutos e na ativação cerebral durante 2 minutos) e durante 2 minutos (na VFC e na ativação cerebral) da execução de todos os jogos.

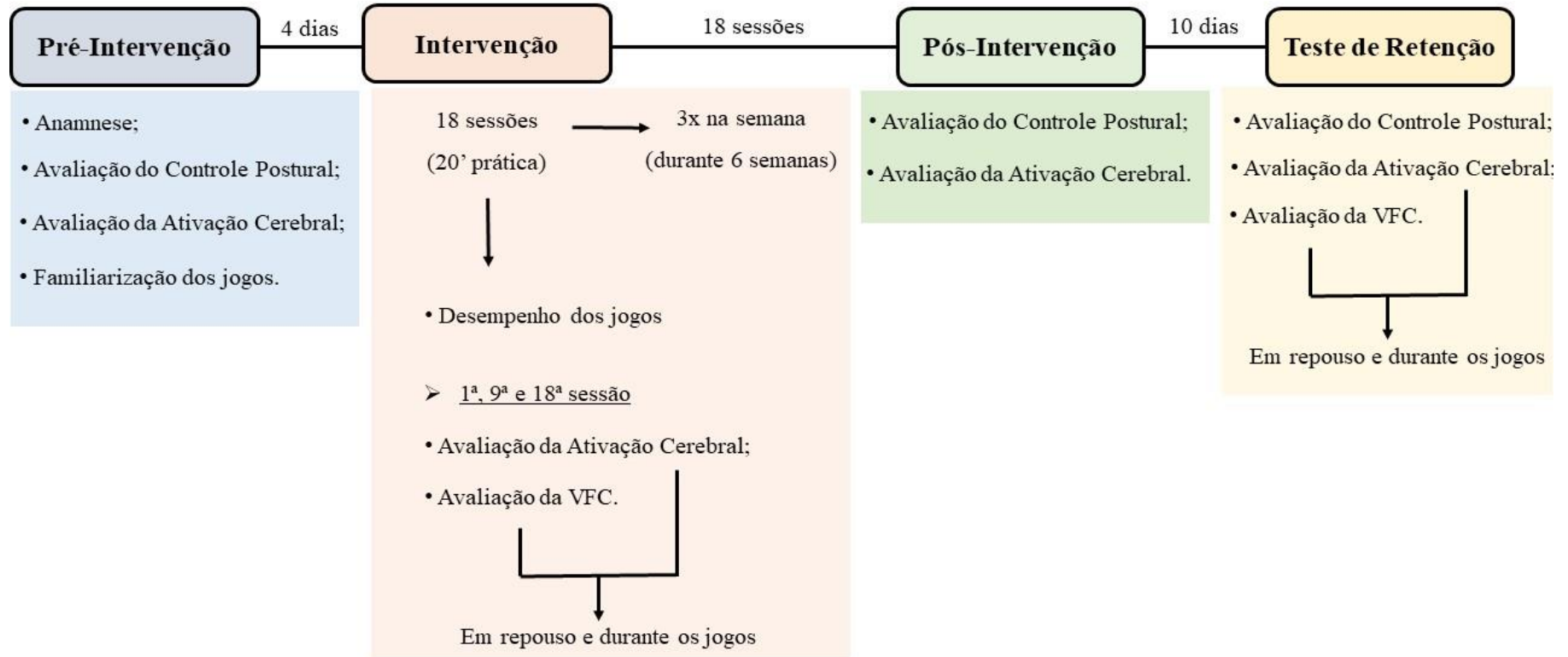
Na avaliação do controle postural juntamente com a avaliação da ativação cerebral, os participantes repousam já com o fNIRS, entre 15 segundos a 30 segundos antes de cada condição da avaliação do controle postural, afim de obter registro durante o repouso e durante o estímulo.

Na familiarização dos jogos, os voluntários jogam todos os jogos que serão feitos, caso fosse do grupo RV ou PR. É jogado uma média de 3 a 5 minutos por jogos.

Na primeira, na nona e na décima oitava sessão do protocolo os participantes são avaliados na VFC e na ativação cerebral enquanto em repouso (na VFC durante 5 minutos e na ativação cerebral durante 2 minutos) e durante 2 minutos (na VFC e na ativação cerebral) da execução de todos os jogos.

A Figura 16 apresenta a visão geral do estudo indicando os momentos de avaliação e intervenção.

Figura 16 - Visão geral do estudo indicando os momentos de avaliação e intervenção.



Fonte: Própria autora

6.1.2.2. Avaliação do Controle Postural

A avaliação do controle postural é realizada durante a manutenção da posição em pé. Nesta tarefa os participantes são instruídos a permanecer em pé, por 30 segundos, sobre uma plataforma de força (*Advance Mechanical Technology Inc.* – AMTI – AccuGait) com os braços posicionados ao lado do corpo (Figura 17) nas seguintes condições experimentais:

(a) Condições de Visão:

- a. Olhos abertos: na qual os participantes devem manter o olhar sobre um alvo posicionado a 1 metro de distância, e
- b. Olhos fechados: na qual os participantes devem permanecer com os olhos fechados;

(b) Condições de Apoio:

- a. Apoio bipodal: na qual os participantes devem manter os pés confortavelmente afastados, e
- b. Apoio reduzido: na qual os participantes devem posicionar um pé à frente do outro de modo que o hálux do pé posicionado atrás toque a borda medial do calcâneo do pé posicionado à frente, na posição semi *tandem stance*;

(c) Condições de Superfície:

- a. Superfície Rígida: na qual os participantes devem permanecer em pé diretamente sobre a plataforma de força, e
- b. Superfície macia: na qual os participantes devem permanecer em pé sobre uma espuma colocada sobre a plataforma de força. As características da espuma utilizada (Densidade: 35 kg/m³; Módulo Elástico: 50000 N/m²; Espessura: 10 centímetros) foram definidas a partir da constatação que superfície de espuma mais firme resulta em maior instabilidade postural que superfície de espuma mais macia (PATEL *et al.*, 2008).

Estas manipulações resultam em oito condições experimentais: 1) olhos abertos com apoio natural (bipodal) e sem espuma (BPOASE); 2) olhos abertos com apoio reduzido (semi tandem stance) e sem espuma (STOASE); 3) olhos abertos com apoio natural e com espuma (BPOACE); 4) olhos abertos com apoio reduzido e com espuma (STOACE); 5) olhos fechados com apoio natural e sem espuma (BPOFSE); 6) olhos fechados com apoio reduzido e sem espuma (STOFSE); 7) olhos fechados com apoio natural e com espuma (BPOFCE); 8) olhos fechados com apoio reduzido e com espuma (STOFCE).

Em relação a esta tarefa é importante esclarecer que estas condições de visão, base de apoio e superfície de apoio foram manipuladas a fim de gerar diferentes níveis de desafio ao

sistema de controle postural, o que é considerado uma estratégia clássica na área para desvendar as influências sensoriais e os limites de controle da postura (HORAK; MACPHERSON, 1996).

Mais especificamente, a manipulação da base de apoio tem por objetivo alterar as demandas mecânicas envolvidas no controle da postura, já que o tamanho dessa base afeta a estabilidade postural (HALL, 2005). Além disso, há evidências que o desempenho do controle postural depende não apenas da idade, mas também do contexto em que a tarefa é realizada (KERR; CONDON; MCDONALD, 1985; LAZARIN *et al.*, 2015). Da mesma forma, as alterações nas condições de visão e de superfície de apoio têm por objetivo perturbar os sistemas sensoriais. A superfície de espuma perturba as informações somatossensoriais provenientes dos membros inferiores, visto que, sobre uma espuma, as informações sensoriais provenientes dos mecanorreceptores cutâneos são alteradas e, assim, as atividades muscular ou neural induzidas por estes receptores são afetadas (CHIANG; WU, 1997).

Em relação à manipulação das condições de visão, sabe-se que a disponibilidade de informação visual influencia no controle da postura (BONFIM; POLASTRI; BARELA, 2006; GENOVES, 2015). Dessa forma, considerando que as principais fontes de informação sensorial para o funcionamento do controle postural são os sistemas visual, vestibular e somatossensorial (NASHNER, 1981), manipular as informações obtidas por dois destes sistemas (visual e somatossensorial) permitiu investigar como as informações provenientes das fontes de informação sensorial foram utilizadas pelos participantes.

Figura 17- Avaliação do Controle Postural



Fonte: Própria autora

6.1.2.2.1. Análise do Controle Postural

Todas as análises são realizadas por meio de rotinas escritas em linguagem MATLAB utilizando o software Octave (versão 6.2.0 – The Octave Project Developers). Os sinais provenientes da plataforma de força serão coletados a uma frequência de 200 Hz e, a partir dos destes dados, será calculado o Centro de Pressão (CP) nas direções ântero-posterior (AP) e médio-lateral (ML).

Para avaliar a estabilidade postural e o uso de informações sensoriais dos participantes durante esta tarefa são realizadas análises globais, estruturais e espectrais. Para a análise global, são utilizadas as variáveis: variabilidade do CoP, velocidade do CoP e amplitude do CoP. A variabilidade do CoP corresponde ao desvio padrão do deslocamento do CoP após a subtração da posição média de cada ponto da série temporal, nas direções Ântero-Posterior (AP) e Médio-Lateral (ML); a velocidade média do CoP corresponde ao deslocamento total do CoP dividido pelo tempo nas direções AP e ML; e a amplitude do CoP corresponde ao valor absoluto da diferença entre os valores máximo e mínimo do deslocamento do CoP nas direções AP e ML (PRIETO *et al.*, 1996).

Para a análise estrutural são utilizadas as análises rambling-trembling (ZATSIORSKY; DUARTE, 1999) e *Sway Density Curve* (SDC) (BARATTO *et al.*, 2002). Na análise de rambling-trembling é utilizado o método de decomposição do CoP de acordo com os procedimentos descritos por Zatsiorsky e Duarte (1999; 2000). As variáveis utilizadas são: número de pontos de equilíbrio instantâneo (NIEP) (ZATSIORSKY; DUARTE, 1999); root mean square (RMS), que quantifica a magnitude das trajetórias do rambling (RMS_{RM}) e trembling (RMS_{TR}) (FERRONATO; BARELA, 2011; SPEEDTSBERG *et al.*, 2017); e rambling ratio (RATIO), que quantifica a contribuição do rambling para o deslocamento total do CoP (SPEEDTSBERG *et al.*, 2017). A análise SDC será conduzida de acordo com os procedimentos descritos por Baratto *et al.* (2002). Em suma, SDC é definida como uma curva no domínio do tempo que conta o número de amostras do CoP dentro de um círculo que tem um raio de 2,5 mm para cada instante de tempo (BARATTO *et al.*, 2002; JACONO *et al.*, 2004). Os picos das curvas representam os instantes de estabilização postural momentânea, enquanto os vales estão relacionados às mudanças entre os eventos de estabilização (VIEIRA *et al.*, 2009). As variáveis utilizadas são: o valor médio dos picos (MP), que estima o grau de estabilidade postural; a distância média entre sucessivos picos (MD), que corresponde à amplitude do torque requerido para estabilização; e o intervalo de tempo médio entre sucessivos

picos (MT), que é relacionado à razão de produção de torque (JACONO *et al.*, 2004; VIEIRA *et al.*, 2009).

Para a análise espectral são utilizadas as variáveis: potência média relativa (PMR) do CoP em diferentes bandas de frequência. Inicialmente, a potência do espectro do deslocamento do CoP em cada é estimada utilizando o método Welch e é calculada nos intervalos de 0,0-0,3 (banda de frequência baixa), 0,3-1,0 (banda de frequência média) e 1,0-3,0 (banda de frequência alta) Hz (NAGY *et al.*, 2004; VIEIRA *et al.*, 2015). Posteriormente, a PMR de cada banda de frequência é computada dividindo a potência média da banda pela potência total (BANDARABADI *et al.*, 2015), resultando em PMR nas bandas de frequência baixa (PMR 1), média (PMR 2) e alta (PMR 3) nas direções AP e ML. Esta análise assume que a banda de frequência baixa está relacionada ao controle visual, a banda de frequência média está relacionada às informações somatossensoriais e vestibulares, e a banda de frequência alta está relacionada à atividade muscular e ao controle proprioceptivo (GOLOMER *et al.*, 1999; NAGY *et al.*, 2004; VIEIRA *et al.*, 2015).

6.1.2.3. Avaliação da VFC

Durante a realização do repouso e práticas do jogo de RV e PR os participantes têm a VFC avaliada. A mensuração da VFC é analisada através das oscilações dos intervalos entre batimentos cardíacos consecutivos (intervalos R-R) relacionadas às influências do Sistema Nervoso Autônomo (SNA) sobre o coração.

Para a gravação dos intervalos R-R (RRi) os voluntários são submetidos aos registros ao chegar ao laboratório, e em seguida, é colocado o equipamento nos participantes e solicitado que eles se deitem em decúbito dorsal para que a FC se estabilize e retorne às suas condições basais.

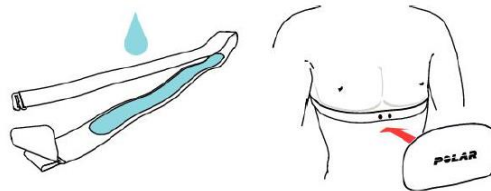
Após a confirmação do voluntário para iniciar a gravação, é solicitado aos participantes que não falem ou se movimentem para evitar alterações e artefatos no RRi, durante um período de 5 minutos em repouso.

Os dados de RRi são coletados a uma taxa de amostragem de 1.000 Hz, usando um monitor de FC validado e um cinto transmissor (Polar V800, Polar Electro Co. Ltda. Kempele, Finlândia) (GILES; DRAPER; NEIL, 2016).

O monitor cardíaco funciona a partir de um cinto transmissor no qual é fixado um sensor de FC que é umedecido com água e preso logo abaixo dos músculos peitorais (Figura 18). Este sensor capta os dados de FC do indivíduo e os transfere para uma pulseira receptora (Figura 19)

que contém um software de armazenamento: o PolarFlowSyn. Com isso, os dados armazenados são posteriormente transferidos para um computador para realização do processamento e análise.

Figura 18- Cinta elástica com sensor de frequência cardíaca.



Fonte: Polar (2022).

Figura 19- Pulseira Receptora



Fonte: Polar (2022).

6.1.2.3.1. Análise da VFC

A VFC é analisada por métodos lineares usando software Kubios HRV Standart 3.5.0. A correção de artefatos provenientes da coleta do sinal é realizada através da adoção do filtro de poder médio do Kubios (NUMATA FILHO; ARAÚJO; MOREIRA, 2019; OLIVEIRA *et al.*, 2021) na qual não afeta os valores da VFC (ARANDA *et al.*, 2017). Utiliza-se, como recomendado para análises dos índices de VFC por meio de métodos lineares (CATAI *et al.*, 2022; TASK FORCE OF TRHE EUROPEAN SOCIETY OF CARDIOLOGY AND THE NORTH AMERICAN SOCIETY OF PACING AND ELECTROPHYSIOLOGY, 1996; VANDERLEI *et al.*, 2009), 256 iR-R com maior estabilidade para todos os voluntários em todas as condições, isto é, na VFC em repouso e na VFC dos jogos, tanto na PR como na prática de RV.

Os métodos lineares são divididos em dois tipos: análise no domínio do tempo e análise no domínio da frequência. Para a análise da VFC no domínio do tempo, assim denominada por expressar os resultados em unidade de tempo (milissegundos), mede-se cada iR-R durante determinado intervalo de tempo (RASSI, 2009; TASK FORCE OF TRHE EUROPEAN SOCIETY OF CARDIOLOGY AND THE NORTH AMERICAN SOCIETY OF PACING AND ELECTROPHYSIOLOGY, 1996).

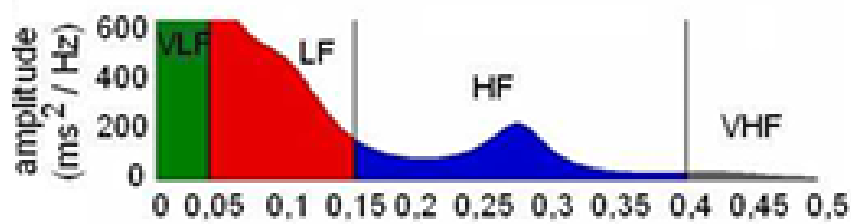
No domínio tempo, são usadas as variáveis: SDNN (desvio padrão de todos os iR-R normais gravados em um intervalo de tempo, expresso em ms) e rMSSD (raiz quadrada da média do quadrado das diferenças entre iR-R normais adjacentes, em um intervalo de tempo, expresso em ms). O índice rMSSD reflete o sistema nervoso parassimpático e o SDNN reflete o sistema nervoso simpático e parassimpático (VANDERLEI *et al.*, 2009)

Para a análise da VFC no domínio da frequência, obtida pela Transformada rápida de Fourier (FFT), VFC é decomposta em componentes oscilatórios fundamentais, sendo a densidade de potência espectral a mais utilizada atualmente, quando se trata de estudos com indivíduos em condições de repouso (BRUNETTO *et al.*, 2005).

No domínio da frequência, são usadas as variáveis que melhor representam a atuação dos componentes simpático e vagal no controle da FC (TASK FORCE OF TRHE EUROPEAN SOCIETY OF CARDIOLOGY AND THE NORTH AMERICAN SOCIETY OF PACING AND ELECTROPHYSIOLOGY, 1996): componente de alta frequência (High Frequency - HF), com variação de 0,15 a 0,4Hz, que corresponde à modulação respiratória e é um indicador da atuação do nervo vago (predominância parassimpático) sobre o coração e o componente de baixa frequência (Low Frequency - LF), com variação entre 0,04 e 0,15Hz, que é decorrente da ação conjunta dos componentes vagal e simpático sobre o coração, com predominância do simpático (Figura 20) (VANDERLEI *et al.*, 2009).

Ambas variáveis são normalizadas para minimizar os efeitos das alterações da banda de componentes de muito baixa frequência (Very Low Frequency - VLF). E são obtidas a partir da divisão da potência de um dado componente (LF ou HF) pelo espectro de potência total, subtraída do componente de VLF e multiplicada por 100, expresso em unidades normalizadas (un) (MALLIANI *et al.*, 1991; PAGANI *et al.*, 1986, TASK FORCE OF TRHE EUROPEAN SOCIETY OF CARDIOLOGY AND THE NORTH AMERICAN SOCIETY OF PACING AND ELECTROPHYSIOLOGY, 1996;).

Figura 20- Densidade da potência espectral quantificada pela área correspondente às bandas de frequência da VFC.



Fonte: Prado *et al.* (2016).

Para facilitar a compreensão e análise das variáveis da VFC foi elaborado a Tabela 2.

Tabela 2: Variáveis do estudo e suas características em domínio do tempo e da frequência.

VARIÁVEL	ANÁLISE	DEFINIÇÃO	INFLUÊNCIA AUTONÔMICA
SDNN	Linear – domínio tempo	Desvio padrão de todos os iR-R normais	Simpático e parassimpático
rMSSD	Linear – domínio tempo	Raiz quadrada da média das diferenças quadradas entre iR-R normais adjacentes em um intervalo de tempo.	Parassimpático
HF	Linear – domínio frequência	Densidade da potência espectral na banda de frequência de variação de 0,15 a 0,4Hz.	Parassimpático
LF	Linear – domínio frequência	Densidade da potência espectral na banda de frequência de variação de 0,04 e 0,15Hz.	Simpático e parassimpático

Fonte: Própria autora

6.1.2.4. Avaliação da Ativação Cerebral

Durante a realização do repouso, práticas do jogo de RV e PR e manutenção da posição em pé para a avaliação do controle postural, os participantes têm a ativação cerebral avaliada. A avaliação da ativação cerebral é realizada por meio de um equipamento de ondas contínuas, portátil e sem fios (Octamon, Artinis Medical Systems). Este equipamento de Espectroscopia Funcional de Infravermelho Próximo (functional Near-Infrared Spectroscopy - fNIRS) emite luz nos comprimentos de onda 760 e 850 nm e possui um arranjo constituído por 8 fontes e 2 receptores, com distância entre si de 35 mm, formando oito canais. Os sensores são acoplados a uma faixa (Figura 21) que foi posicionada na região frontal do participante usando o sistema internacional 10/20 da Federação Internacional de Sociedades para Eletroencefalografia e Neurofisiologia Clínica (KLEM *et al.*, 1999), utilizando-se o ponto Fpz como centro do arranjo. Neste sentido, a parte inferior da faixa é posicionada a aproximadamente 10% da distância entre o nasion e inion na linha média, a partir do nasion; e as laterais da faixa são posicionadas a aproximadamente 10% da distância entre os pontos pré-auriculares de ambos os lados, na linha coronal.

Antes de iniciar o repouso, os participantes permanecem com a faixa durante o período de 2 minutos para normalização do sinal para a avaliação do controle postural ou para a gravação do sinal durante a realização dos jogos. Além disso, os participantes vestem uma touca para evitar a entrada de luz durante a coleta.

Figura 21: Foto ilustrando o arranjo dos sensores (8 fontes e 2 receptores) do equipamento de ondas contínuas.



Fonte: Octamon, Artinis Medical Systems (2022)

6.1.2.4.1. Análise da Atividade Cortical

Todas as análises são realizadas por meio de rotinas escritas em linguagem MATLAB (versão 9.0 - Math Works Inc.).

A fNIRS mensura de maneira não invasiva mudanças na densidade óptica que permitem calcular mudanças na concentração da oxihemoglobina e desoxihemoglobina associadas com a ativação neuronal em camadas superiores do córtex cerebral.

As variáveis de oxigenação cerebral mensuradas no presente estudo são: as concentrações relativas de desoxihemoglobina e desoximioglobina (HHb), oxihemoglobina e oximioglobina (HbO₂), mudanças relativas no total de hemoglobina e mioglobina (tHb) e diferença relativa entre o total de hemoglobina e mioglobina (HbDiff).

Os sinais coletados são visualmente inspecionados para detecção de artefatos de movimento. Em seguida, recebem um filtro passa-banda entre 0.02 Hz e 0.5 Hz (CUI; BRAY; REISS, 2010), e o cálculo da mudança de concentração das variedades da hemoglobina é feito por meio da lei de Beer-Lambert modificada (COPE *et al.*, 1988). Esta análise foi realizada utilizando-se o software Oxysoft (Version 3.0.95 - Artinis Medical Systems).

Os sinais fNIRS de todos os canais são analisados usando a caixa de ferramentas NIRS (<https://bitbucket.org/huppertt/nirs-toolbox/src/default/>) (HUPPERT, 2016). O processamento inclui a conversão de alterações na densidade óptica em alterações nas concentrações de hemoglobina usando a lei de Beer-Lambert modificada. Opta-se por relatar os valores de hemoglobina total, pois representam a soma da hemoglobina oxigenada e desoxigenada, incorporando ambos os aspectos do acoplamento neurovascular (GAGNON *et al.*, 2012)

A análise estatística utiliza um modelo de regressão linear geral de primeiro nível com correção para erros autorregressivos e estatísticas robustas (outlier) (HUPPERT, 2016). As estimativas das amplitudes médias das mudanças na hemoglobina total para cada par fonte-detector NIRS são obtidas a partir dos coeficientes de regressão (β) e suas estatísticas a partir de um teste t de Student sobre os coeficientes (HUPPERT, 2016). Os graus de liberdade efetivos no modelo de regressão são estimados a partir de uma correção de Welch-Satterthwaite.

6.1.2.5. Avaliação do desempenho dos jogos

6.1.2.5.1. Boliche RV

Quando os pinos que são derrubados na primeira chance de um frame, que equivale a uma rodada de duas chances de arremesso, ocorre o *strike* e o jogador não executa a segunda chance dessa rodada. Se o jogador usar as duas chances para derrubar todos os pinos em um só frame, ocorre o *spare*. Se o jogador errar todos os dez pinos na primeira tentativa e derrubar

todos na segunda, ainda será considerado um *spare*, já que precisou de duas chances para derrubar os pinos.

A pontuação do boliche é calculada de forma cumulativa:

- Se em um frame o participante realizar um *strike*, soma-se 10 pontos, mais a pontuação dos pinos derrubados nas duas próximas jogadas (conseguindo uma pontuação máxima de 30 pontos nesse frame).
- Se em um frame o participante realizar um *spare*, soma-se 10 pontos mais a pontuação dos pinos derrubados na próxima rodada (conseguindo uma pontuação máxima de 20 pontos nesse frame).
- Se em um frame o jogador não realizar nem um *strike* e nem um *spare*, soma-se apenas a quantidade de pinos derrubados (conseguindo uma pontuação máxima de 9 pontos nesse frame).

Dessa forma, a pontuação no boliche é de zero até a pontuação máxima de 300 pontos, alcançada se o jogador conseguir fazer 12 *strikes* consecutivos. A partida é composta por 10 frames, mas se o jogador derrubar todos os pinos logo no primeiro arremesso do décimo frame, ele ganhará o direito de jogar mais duas bolas, garantindo, dessa forma, a oportunidade de completar 12 *strikes* numa mesma partida, totalizando 300 pontos.

No painel de pontuação dos frames, o símbolo “X” equivale ao *strike*, o símbolo “/” equivale ao *spare*, a letra “F” equivale a falta (ex: pisar na linha não permitida, invadindo a pista) e o símbolo “-” equivale ao não acerto de nenhum pino.

a) Procedimento da atividade - Boliche RV

Ao todo são 10 blocos de arremessos com duas chances de arremesso em cada bloco, totalizando 20 jogadas de bola em uma partida. O participante pode conseguir mais dois arremessos se realizar um *strike* no décimo frame, ou conseguir mais um arremesso se realizar um *spare* no décimo frame, vencendo assim o jogador que fizer mais pontos. Nesse caso, será considerado a pontuação real apresentada no jogo, sendo a mesma feita na pontuação tradicional do boliche.

6.1.2.5.2. Boliche PR

Os participantes têm direito a dois arremessos por bloco de tentativas, sendo ao todo dez blocos com duas tentativas cada, totalizando 20 jogadas de bola em uma partida. A pontuação é feita como na prática com RV, e da mesma forma, o participante pode conseguir mais dois

arremessos se realizar um *strike* no décimo frame, ou conseguir mais um arremesso se realizar um *spare* no décimo frame.

Uma pessoa contabiliza os pontos do participante na dinâmica da pontuação tradicional do boliche.

6.1.2.5.3. Tênis de Mesa RV

Os pontos são contabilizados quando o participante rebate a bola de forma efetiva no campo do adversário ou quando o adversário não conseguir rebater a bola. O jogo acaba quando um dos jogadores faz 11 pontos.

6.1.2.5.4. Tênis de Mesa PR

A pontuação é dada através do desempenho de manter o jogo sem erros, e isso ocorre quando feito o movimento correto. Esse movimento correto é feito através de um ciclo do movimento da bola, na qual a bola pingue, primeiramente, na parte horizontal da mesa e após na parte elevada da mesa. Pontos são perdidos quando a bola cair para fora da área de jogo, quando feitas múltiplas “recuperações” na parte horizontal da mesa e quando acontecer o erro de recepção. O jogo é encerrado após cinco minutos de prática.

6.1.2.5.5. Just Dance RV

Os participantes, durante a dança, recebem a informação do próximo movimento a ser realizado na parte inferior da tela do jogo (Figura 8). Embora o Xbox forneça uma pontuação, de acordo com a precisão de seus movimentos em comparação com a do dançarino na tela, a fim de ter uma avaliação com os mesmos critérios na prática com RV a PR, um protocolo próprio para a avaliação do desempenho foi desenvolvido.

O desempenho durante o jogo é avaliado de forma qualitativa por meio da gravação de vídeo e será avaliado de forma quantitativa por meio dos dados obtidos a partir do software KinesiOS que está integrado ao hardware Kinect ONE. Esses instrumentos serão explicados nos tópicos a seguir.

6.1.2.5.5.1. Hardware Kinect ONE

A PrimeSense, é a empresa responsável pelo desenvolvimento da tecnologia empregada em dispositivos do tipo Kinect ONE, capazes de capturar dados de profundidade 3D em tempo real a partir de um sensor infravermelho e reconhecer se há a presença de um corpo humano no ambiente, a partir da forma da sua silhueta. O Kinect ONE, originalmente, foi desenvolvido como acessório ao console Xbox 360, no entanto, por utilizar interface USB, começou a ser utilizado no desenvolvimento de aplicações computacionais providas de interface NUI (Natural User Interface). Os principais componentes de hardware são uma câmera Red, Green and Blue (RGB), um sensor de profundidade, um vetor de microfones, um motor de inclinação e um acelerômetro de três eixos.

A Microsoft lançou um Kinect ONE específico para PC (Kinect ONE for Windows), que possui um kit de desenvolvimento básico, capaz de suportar aplicações desenvolvidas para o sistema operacional Windows. A taxa de atualização é de 30 Hz, a matriz de áudio é composta por quatro microfones, com cada canal de processamento de áudio de 16 bits, a uma taxa de amostragem de 16 kHz. O hardware inclui a supressão de ruído ambiente. O Kinect ONE utiliza 12 watts de energia de alimentação externa e mais de 2,5 watts fornecidos por uma porta USB padrão.

A capacidade de capturar dados de profundidade em tempo real (via o sensor infravermelho) é uma tecnologia que está presente no chip PS1080 criado pela PrimeSense e implementado no Kinect ONE. Existem duas versões PS1080, denominados Carmine 1.08 e Carmine 1.09, os quais determinam a distância necessária entre o usuário e o dispositivo, sendo respectivamente 0,8 – 3,5m e 0,5 – 1,4m.

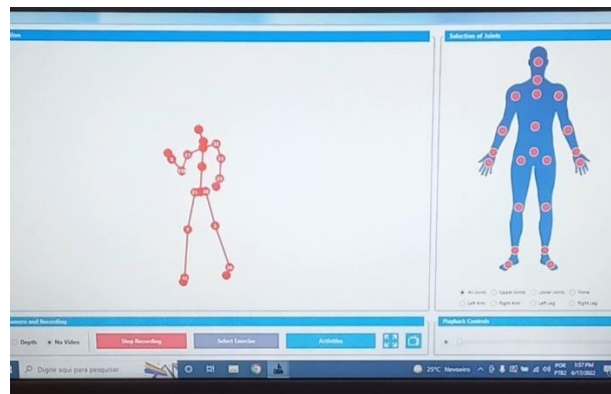
6.1.2.5.5.2. Software KinesiOS

O estudo do movimento angular do corpo humano exige parâmetros cinemáticos, tal como a Amplitude de Movimento (ADM). A coordenação motora de um indivíduo permite movimentos precisos principalmente por meio de contração dinâmica (isotônica), em que a força desenvolvida pelo músculo é maior ou menor do que a resistência. Isto permite o controle do movimento contra a gravidade (ação concêntrica) ou a favor da gravidade (ação muscular excêntrica).

A atual versão do software KinesiOS foi implementado em C# (C-Sharp) com o registro em tempo real das medidas de ADM das principais articulações dos membros inferiores e superiores (Figura 22). O KinesiOS é um software que permite a gravação e o reconhecimento de gestos a partir de um sensor Kinect ONE, fornecendo feedback visual e consciência corporal,

permitindo ao usuário identificar se um gesto é o mesmo movimento que foi previamente padronizado pelo especialista. O software oferece uma opção aos especialistas da área da saúde acerca do estudo do movimento humano (cinesiologia), representa uma alternativa de baixo custo sendo um recurso de avaliação não invasivo e estimula o processo de ensino-aprendizagem nas disciplinas relativas a cinesiologia. Registro INPI: BR 512021003143-1 (28/12/2021).

Figura 22: Software KinesiOS



Fonte: Própria autora

A partir dos dados fornecidos pelo software KinesiOS, a avaliação do desempenho durante o jogo é feita a partir da comparação das ADMs do quadril e do ombro dos voluntários com as ADMs do quadril e do ombro da dançarina coreógrafa experiente (referência). E dessa forma será visto o quanto os resultados dos voluntários se aproxima dos resultados da referência. Todas as análises serão realizadas por meio de rotinas escritas em linguagem MATLAB (versão 9.0 - Math Works Inc.).

6.1.2.5.6. Just Dance PR

A pontuação é feita, qualitativamente, pela gravação da execução da coreografia do voluntário e, quantitativamente, pelo Hardware Kinect ONE somado ao Software KinesiOS (visto nos itens 6.1.2.5.5.1 e 6.1.2.5.5.2), como na prática com RV.

6.1.2.5.7. Vazamentos RV

A pontuação ocorre quando tampado os buracos. Cada buraco tampado equivale a 2 pontos, e o tempo restante em cada fase se transforma em pontos, ou seja, se sobrar 15 segundos, soma-se 15 pontos à pontuação já adquirida por tampar os buracos nesta fase.

6.1.2.5.8. Vazamentos PR

A pontuação é equivalente da prática RV, ou seja, cada “laser tampado” vale 2 pontos e o tempo restante em cada fase será transformado em pontos. As fases são as mesmas da prática com RV.

6.1.2.6. Análise estatística

Para examinar as possíveis diferenças entre os grupos (RV e PR) e as avaliações (Pré-Intervenção, Pós-Intervenção e Teste de Retenção) serão realizadas análises estatísticas apropriadas tendo como variáveis dependentes todas as variáveis obtidas nas avaliações descritas anteriormente (itens 6.1.2.2., 6.1.2.3., 6.1.2.4., 6.1.2.5.1., 6.1.2.5.2., 6.1.2.5.3., 6.1.2.5.4., 6.1.2.5.5., 6.1.2.5.6., 6.1.2.5.7., 6.1.2.5.8.). Quando necessário, testes post hoc serão realizados. Todas as análises estatísticas serão realizadas utilizando o software JASP (versão 0.14.1 – JASP Team – University of Amsterdam) com valor de alfa mantido em 0,05.

6.2. Aplicação do Protocolo

A aplicação do protocolo incluiu aplicar todas as sessões com os voluntários da RV e da PR e aplicar todas as avaliações propostas pelo protocolo desenvolvido, a fim de verificar a aplicabilidade e viabilidade do protocolo.

6.2.1. Participantes

Participaram do estudo duas adultas jovens, do sexo feminino, uma na PR e outra na RV. A participante da PR tinha 23 anos, 1,55m de altura, 56 quilogramas de peso corporal e o índice de massa corporal (IMC) no valor de 23,3, considerado como peso normal (WORLD HEALTH ORGANIZATION - WHO, 2000). Na primeira avaliação da participante foi feita uma anamnese da participante através de um questionário fechado (APÊNDICE B), obtendo-se a informação de que ela praticava exercício físico de forma regular com uma frequência de

mínimo de dias na semana (de 1 a 3 dias durante a semana). Foi dito também que ela já jogou boliche e tênis de mesa, no entanto, fazia mais de anos que não realizava essas práticas. Por fim, foi respondido que ela já praticou algum tipo de dança e fazia menos de um mês da última prática.

A participante da RV tinha 27 anos, 1,55m de altura e 62 quilogramas de peso corporal e o IMC no valor de 25,8, considerado como sobrepeso (WHO, 2000). Na primeira avaliação da participante foi feito uma anamnese através de um questionário fechado (APÊNDICE C), obtendo-se a informação de que ela praticava exercício físico de forma regular com uma frequência de maioria de dias na semana (de 4 a 7 dias durante a semana). Foi dito também que já jogou Xbox 360[™] Kinect, no entanto fazia mais de anos da última prática.

Para a participação do estudo, ambas participantes assinaram o TCLE.

6.2.2. Sessões de prática

As duas participantes, tanto da RV quanto da PR, realizaram a avaliação pré-intervenção, as 18 sessões de prática, a avaliação pós-intervenção e a retenção. Padronizou-se para que as sessões ocorressem nas segundas, terças e sextas-feiras no período da tarde. Padronizou-se também, para que a primeira sessão acontecesse quatro dias após a avaliação pré-intervenção, a avaliação pós-intervenção acontecesse três dias após a última sessão e a retenção acontecesse 10 dias após a última sessão.

Por fim, padronizou-se também para que na primeira, nona e décima oitava sessão de treinamento houvesse realização dos jogos, juntamente com a avaliação da VFC e da ativação cortical em repouso (VFC = 5 min e atividade cortical = 2 min) e durante a realização dos jogos com uma duração de 2 minutos.

Apesar dessas padronizações dos dias de prática e avaliação, alguns imprevistos aconteceram e, por esse motivo, algumas adaptações foram necessárias. A participante da RV, por exemplo, não realizou corretamente a semana de número 3 por problemas pessoais; portanto, embora as três sessões tenham sido realizadas nessa semana, elas aconteceram em dias diferentes do anteriormente previsto (segundas, terças e sextas-feiras). A fim de padronizar as sessões das suas participantes, a participante da PR realizou na semana de número 3 as sessões de prática nos mesmos dias mudados da participante da RV. Além disso, a participante da PR não seguiu corretamente a semana de número 4 e 5 por problemas de saúde.

Na semana 4 faltou ser realizada para a participante da PR a sessão de número 12, que foi feita depois de terminadas todas as sessões para que não influenciasse na randomização dos

jogos. Na semana 5 as sessões da participante da PR foram feitas em dias diferentes do padronizado, no entanto foram feitas as três sessões na semana.

Os calendários de ambas participantes estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3: Calendário das participantes RV e PR

CALENDÁRIO PARTICIPANTE RV	SEGUNDA-FEIRA	TERÇA-FEIRA	QUARTA-FEIRA	QUINTA-FEIRA	SEXTA-FEIRA
PRÉ-INTERVENÇÃO				09/06 Avaliação Pré-Intervenção	
SEMANA 1	13/06 Sessão 1	14/06 Sessão 2			17/06 Sessão 3
SEMANA 2	20/06 Sessão 4	21/06 Sessão 5			24/06 Sessão 6
SEMANA 3		28/06 Sessão 7		30/06 Sessão 8	01/07 Sessão 9
SEMANA 4	04/07 Sessão 10	05/07 Sessão 11			08/07 Sessão 12
SEMANA 5	11/07 Sessão 13	12/07 Sessão 14			15/07 Sessão 15
SEMANA 6	18/07 Sessão 16	19/07 Sessão 17			22/07 Sessão 18
PÓS-INTERVENÇÃO	25/07 Avaliação Pós-Intervenção				
RETENÇÃO (dez dias após última sessão)	01/08 Retenção				
CALENDÁRIO PARTICIPANTE PR	SEGUNDA-FEIRA	TERÇA-FEIRA	QUARTA-FEIRA	QUINTA-FEIRA	SEXTA-FEIRA
PRÉ-INTERVENÇÃO				23/06 Avaliação Pré-Intervenção	
SEMANA 1	27/06 Sessão 1	28/06 Sessão 2			01/07 Sessão 3
SEMANA 2	04/07 Sessão 4	05/07 Sessão 5			08/07 Sessão 6
SEMANA 3		12/07 Sessão 7		14/07 Sessão 8	15/07 Sessão 9
SEMANA 4	18/07 Sessão 10	19/07 Sessão 11			
SEMANA 5	25/07 Sessão 13			28/07 Sessão 14	29/07 Sessão 15
SEMANA 6	01/08 Sessão 16	02/08 Sessão 17			05/08 Sessão 18
- REPOSIÇÃO SEMANA 4 + - PÓS-INTERVENÇÃO	08/08 Sessão 12			11/08 Avaliação Pós-Intervenção	
RETENÇÃO (dez dias após última sessão)	18/08 Retenção				

- Anamnese + Avaliação com Plataforma de força + FNIRs + Familiarização dos Jogos
- Monitoramento (POLAR + FNIRs) + Prática dos Jogos
- Prática dos Jogos
- Avaliação com Plataforma de força + FNIRs

Fonte: própria autora

6.2.3. Avaliações

As três avaliações previstas no protocolo desenvolvido (as avaliações do controle postural, VFC, da atividade cerebral e do desempenho durante os jogos) foram realizadas no estudo de aplicação e serão descritas nos tópicos seguintes.

6.2.3.1. Avaliação do controle postural

A avaliação do controle postural foi realizada como prevista no protocolo de avaliação descrito no item 6.1.2.2. Os dados provenientes da plataforma de força foram coletados a uma frequência de 200 Hz e, a partir dos destes dados, foi calculado o Centro de Pressão (CoP) nas direções ântero-posterior (AP) e médio-lateral (ML). Na sequência, as análises globais, estruturais e espectrais foram processadas. Entretanto, para este estudo de aplicação, apenas as análises globais serão apresentadas.

6.2.3.1.1. Variáveis Globais

Os dados obtidos com as variáveis globais Variabilidade do CoP na direção Ântero-Posterior (AP) e Médio-Lateral (ML), Velocidade do CoP na direção AP e ML e Amplitude do CoP na direção AP e ML foram feitos diante de oito condições experimentais, sendo enumeradas por: 1) OASEBP, 2) OASEST, 3) OACEBP, 4) OACEST, 5) OFSEBP, 6) OFSEST, 7) OFCEBP e 8) OFCEST.

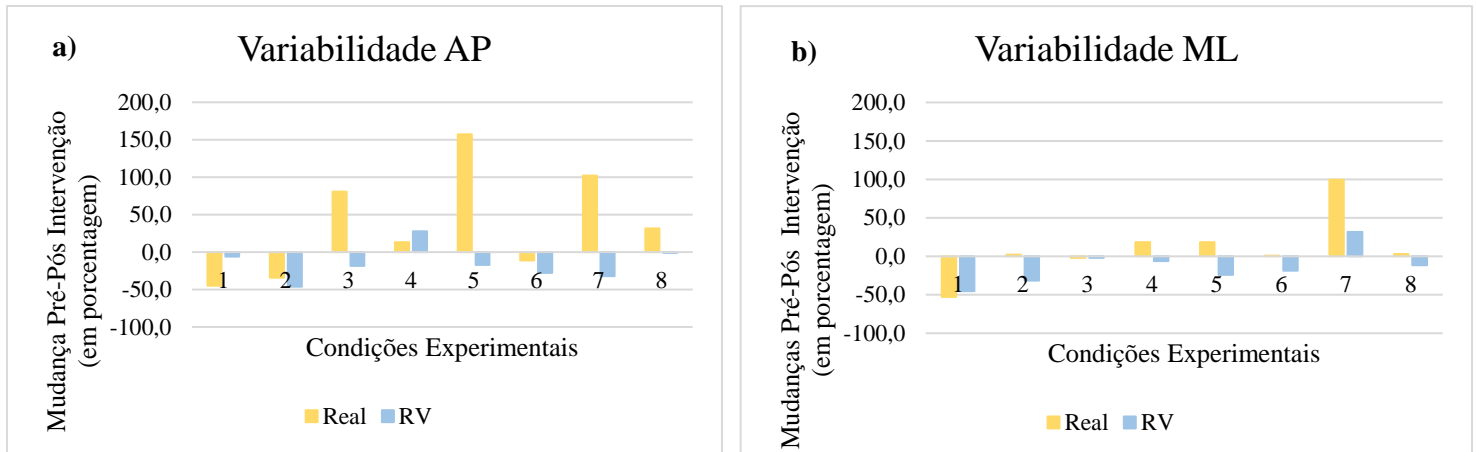
Considerando que os valores da pré-intervenção foram diferentes entre as duas participantes, foi calculado a porcentagem de mudança da pré-intervenção para o pós-intervenção. Dessa forma, os resultados estão comparando a mudança entre a pré-intervenção e a pós-intervenção de cada participante. Os valores positivos indicam aumento na medida e valores negativos indicam diminuição na medida

Os valores da variável variabilidade do CoP na direção AP foram feitos pela condição experimental 1 (PR= -44,8%; RV= -6,2%), condição experimental 2 (PR= -34,3%; RV= -46,1%), condição experimental 3 (PR= -80,9%; RV= -18,4%), condição experimental 4 (PR= -13,0%; RV= -27,7%), condição experimental 5 (PR= 157,1%; RV= 17,2%), condição experimental 6 (PR= -11,2%; RV= -27,9%), condição experimental 7 (PR= 102,1%; RV= -31,9%), condição experimental 8 (PR= 31,5%; RV= -0,8%) (Figura 23-a).

Os valores da variável variabilidade do CoP na direção ML foram feitos pela condição experimental 1 (PR= -52,8%; RV= -45,1%), condição experimental 2 (PR= 2,1%; RV= -

31,7%), condição experimental 3 (PR= -2,2%; RV= -2,1%), condição experimental 4 (PR= 18,3%; RV= -6,3%), condição experimental 5 (PR= 18,5%; RV= -23,9%), condição experimental 6 (PR= 1,1%; RV= -18,6%), condição experimental 7 (PR= 99,6%; RV= 31,7%), condição experimental 8 (PR= 3,0%; RV= -11,7%) (Figura 23-b).

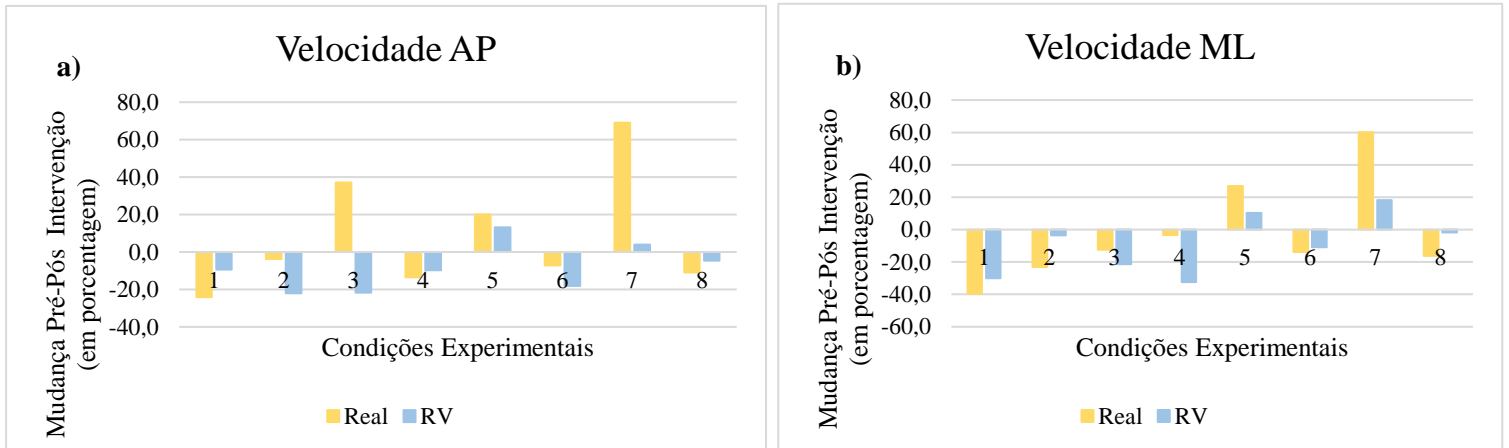
Figura 23: Mudança Pré-Pós Intervenção na Variabilidade AP (a) e ML (b) do CoP



Fonte: Própria autora

Os valores da variável velocidade do CoP na direção AP foram feitos pela condição experimental 1 (PR= -24,1%; RV= -9,4%), condição experimental 2 (PR= -3,7%; RV= -22,1%), condição experimental 3 (PR= 37,2%; RV= -21,7%), condição experimental 4 (PR= -13,4%; RV= -9,8%), condição experimental 5 (PR= 20,0%; RV= 13,2%), condição experimental 6 (PR= -7,2%; RV= -18,1%), condição experimental 7 (PR= 69,1%; RV= 3,9%), condição experimental 8 (PR= -11,0%; RV= -4,6%) (Figura 24-a).

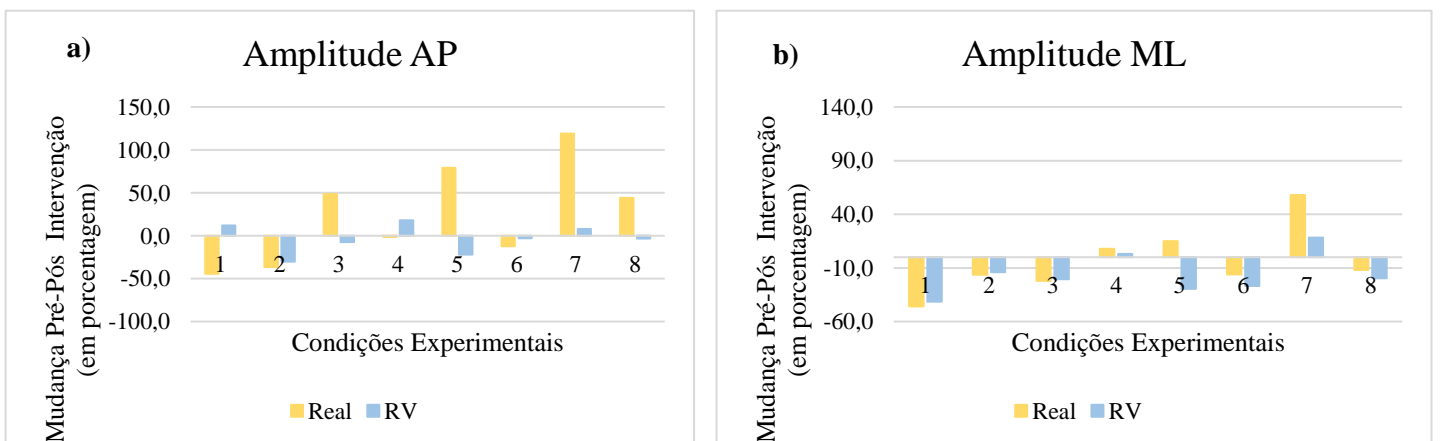
Os valores da variável velocidade do CoP na direção ML foram feitos pela condição experimental 1 (PR= -39,5%; RV= -30,0%), condição experimental 2 (PR= -23,1%; RV= -3,6%), condição experimental 3 (PR= -12,4%; RV= -21,3%), condição experimental 4 (PR= -3,3%; RV= -32,3%), condição experimental 5 (PR= 26,8%; RV= 10,3%), condição experimental 6 (PR= -13,7%; RV= -10,9%), condição experimental 7 (PR= 60,0%; RV= 18,2%), condição experimental 8 (PR= -16,1%; RV= -1,8%) (Figura 24-b).

Figura 24: Mudança Pré-Pós Intervenção na Velocidade AP (a) e ML (b) do CoP

Fonte: Própria autora

Os valores da variável amplitude do CoP na direção AP foram feitos pela condição experimental 1 (PR= -44,4%; RV= 12,1%), condição experimental 2 (PR= -36,3%; RV= -30,2%), condição experimental 3 (PR= 48,7%; RV= -7,6%), condição experimental 4 (PR= -1,2%; RV= 18,0%), condição experimental 5 (PR= 79,2%; RV= -21,8%), condição experimental 6 (PR= -12,3%; RV= -3,0%), condição experimental 7 (PR= 119,0%; RV= 8,0%), condição experimental 8 (PR= 44,2%; RV= -3,3%) (Figura 25-a).

Os valores da variável amplitude do CoP na direção ML foram feitos pela condição experimental 1 (PR= -46,0%; RV= -41,4%), condição experimental 2 (PR= -16,4%; RV= -13,9%), condição experimental 3 (PR= -21,9%; RV= -20,5%), condição experimental 4 (PR= 7,8%; RV= 3,2%), condição experimental 5 (PR= 15,1%; RV= -29,6%), condição experimental 6 (PR= -16,1%; RV= -26,7%), condição experimental 7 (PR= 57,9%; RV= 18,4%), condição experimental 8 (PR= -11,8%; RV= -19,6%) (Figura 25-b).

Figura 25: Mudança Pré-Pós Intervenção na Amplitude AP (a) e ML (b) do CoP

Fonte: Própria autora

No geral, pelo fato de ter uma participante em cada grupo RV e PR e de ter sido realizada uma tentativa de cada condição experimental, observa-se grande variabilidade dos dados, principalmente, nos dados da PR.

6.2.3.2. Avaliação da VFC

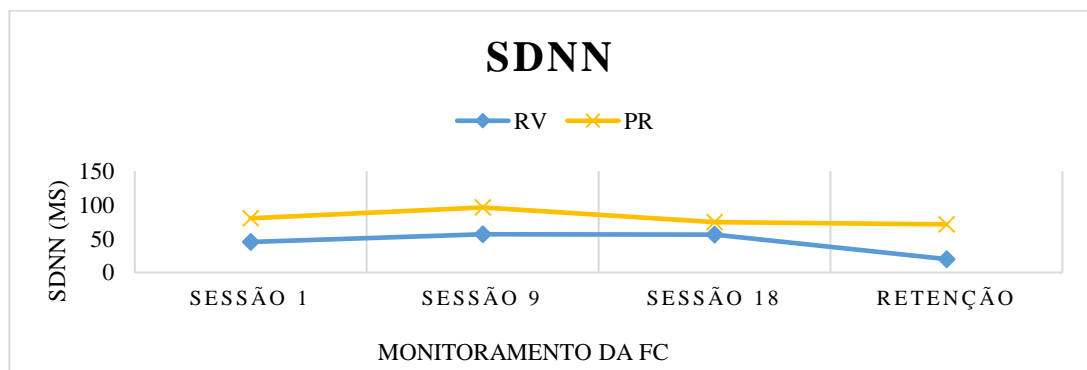
A avaliação da VFC foi realizada como prevista no protocolo de avaliação descrito no item 6.1.2.3. Os dados provenientes do monitor de FC e do cinto transmissor foram transferidos para o software PolarFlowSyn a uma frequência de 1000 HZ e, a partir destes dados foi calculado a FC e VFC nos intervalos com 256 iR-R com maior estabilidade. Na sequência as variáveis no domínio do tempo e no domínio da frequência e a intensidade da FC nos jogos (aumento percentual da FC em cada jogo) foram processadas. Nos tópicos abaixo, estão os resultados desses parâmetros.

6.2.3.2.1. Variáveis do Domínio do Tempo

Para a variável SDNN foram avaliados os monitoramentos da FC na PR e RV em quatro momentos em repouso: sessão um (PR= 80,5 ms, RV= 45,4 ms), sessão nove (PR= 96,4 ms, RV= 56,6 ms), sessão dezoito (PR= 74,6 ms, RV= 56,2 ms) e na retenção (PR= 71,3 ms, RV= 19,8 ms) (Figura 26).

A Figura 26 mostra que a variável SDNN em ambos os grupos diminuiu ao longo do protocolo executado.

Figura 26- SDNN no monitoramento da FC na sessão um, sessão nove, sessão dezoito e na retenção para a PR e RV.

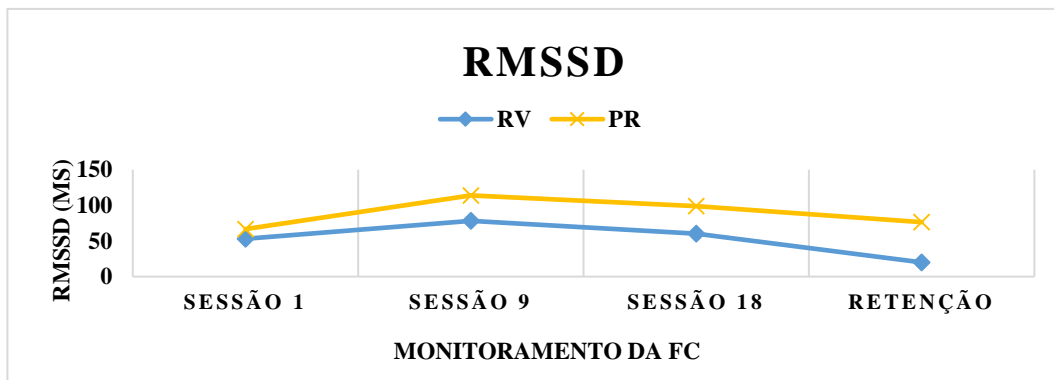


Fonte: Própria autora

Para a variável RMSSD foram avaliados os monitoramentos da FC na PR e RV em quatro momentos em repouso: sessão um (PR= 66,7 ms, RV= 53,1 ms), sessão nove (PR= 113,9 ms, RV= 78,2 ms), sessão dezoito (PR= 98,9 ms, RV= 60,3 ms) e na retenção (PR= 76,3 ms, RV= 20 ms) (Figura 27).

A Figura 27 mostra que a variável RMSSD em ambos os grupos diminuiu ao longo do protocolo executado. Além disso, ambas práticas tiveram um comportamento aumentado da sessão um a sessão nove, e após esta, diminuíram até a retenção.

Figura 27- RMSSD no monitoramento da FC na sessão um, sessão nove, sessão dezoito e na retenção para a PR e RV, em ms.



Fonte: Própria autora

6.2.3.2.2. Variáveis do Domínio da Frequência

As variáveis LF e HF foram normalizadas e avaliadas nos monitoramentos da FC em quatro momentos em repouso. Na PR, na sessão 1 (LF= 86,95un, HF= 13,03un), na sessão 9 (LF= 43,87un, HF= 56,12un), na sessão 18 (LF= 12,32un, HF= 87,61un) e na retenção (LF= 39,83un, HF= 60,17un) (Figura 28- a). Na RV, também na sessão 1 (LF= 18,54un, HF= 81,45un), sessão 9 (LF= 19,46un, HF= 80,52un), sessão 18 (LF= 37,64un, HF= 62,32un) e retenção (LF= 38,44un, HF= 61,52un) (Figura 28- b).

A Figura 28 apresenta os valores de LF e HF na PR e RV no monitoramento da FC. Na PR houve diminuição dos valores de LF até a sessão 18 (LF= 12,32un) e na retenção houve aumento de seu valor, comparado com esta sessão (LF= 39,83un). Já para a HF na PR, houve aumento de seu valor até a sessão 18 (HF= 87,61un) e na retenção (HF= 60,17un), diminuição do valor de HF comparado a sessão 18.

Na RV houve um aumento do valor de LH da primeira sessão (LF= 18,54un) até a retenção (LF= 38,44un). Já para a HF na RV, houve uma diminuição do valor de HF da primeira sessão (HF= 81,45un) até a retenção (HF= 61,52un).

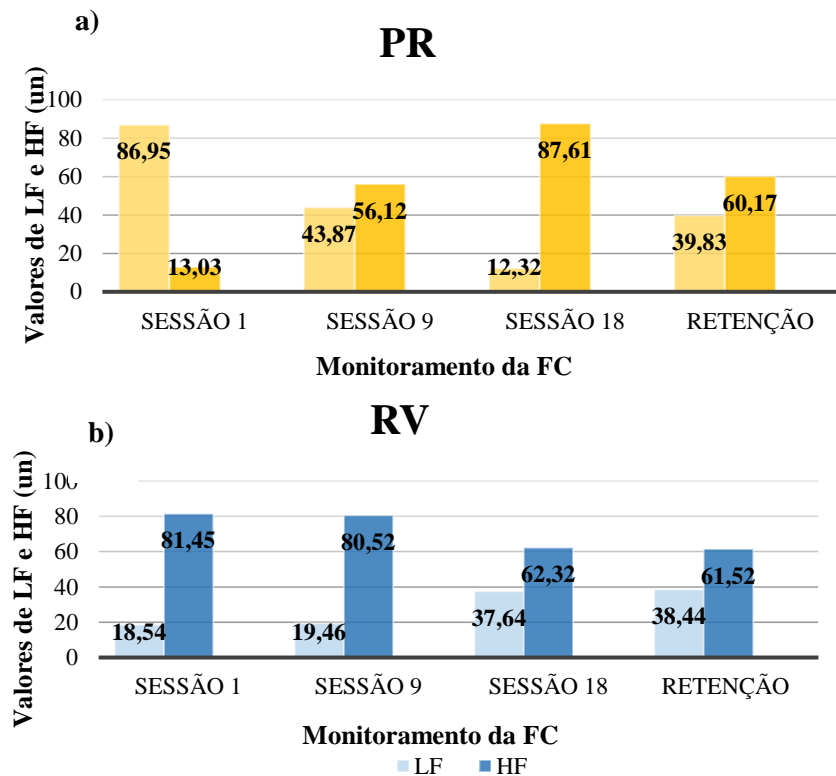
Os dados mostraram que a LF e HF tiveram valores diferentes ao longo do monitoramento da FC na sessão um, na sessão nove, na sessão dezoito e na retenção, ou seja, na PR a LF diminuiu e a HF diminuiu também e na RV a LF aumentou e a HF diminuiu ao longo do monitoramento da FC.

Na PR, os valores de LF diminuíram da primeira sessão até a sessão dezoito e na retenção há um aumento de LF (LF= 39,83un) comparado com a sessão 18 (LF= 12,32un), no entanto, o valor de LF na retenção (LF= 39,83un) ainda foi menor que valores de LF na sessão um (LF= 86,95un) e na sessão 9 (LF= 43,87un). Na PR, os valores de HF aumentaram da primeira sessão (HF= 13,03un) até a sessão 18 (HF= 87,61un), mas na retenção o valor de HF (HF= 60,17un) foi menor que HF comparado a sessão 18 (HF=87,61un).

Na RV, os valores de LF foram crescentes da primeira sessão (LF= 18,54un) até a retenção (LF= 38,44un) e os valores de HF foram decrescentes da primeira sessão (HF= 81,45un) até a retenção (HF=61,52un.)

Na retenção, os valores das variáveis LF e HF apresentaram-se em valores similares na PR (LF= 39,83un, HF= 60,17un) e na RV (LF= 38,44un, HF= 61,52un), além de apresentarem o mesmo comportamento, na qual os valores de HF foi maior do que os valores de LF em ambas as práticas.

Figura 28- Valores das variáveis LH e HF, em un, no monitoramento da FC na sessão um, sessão nove, sessão dezoito e na retenção na PR (a) e na RV (b).



Fonte: Própria autora

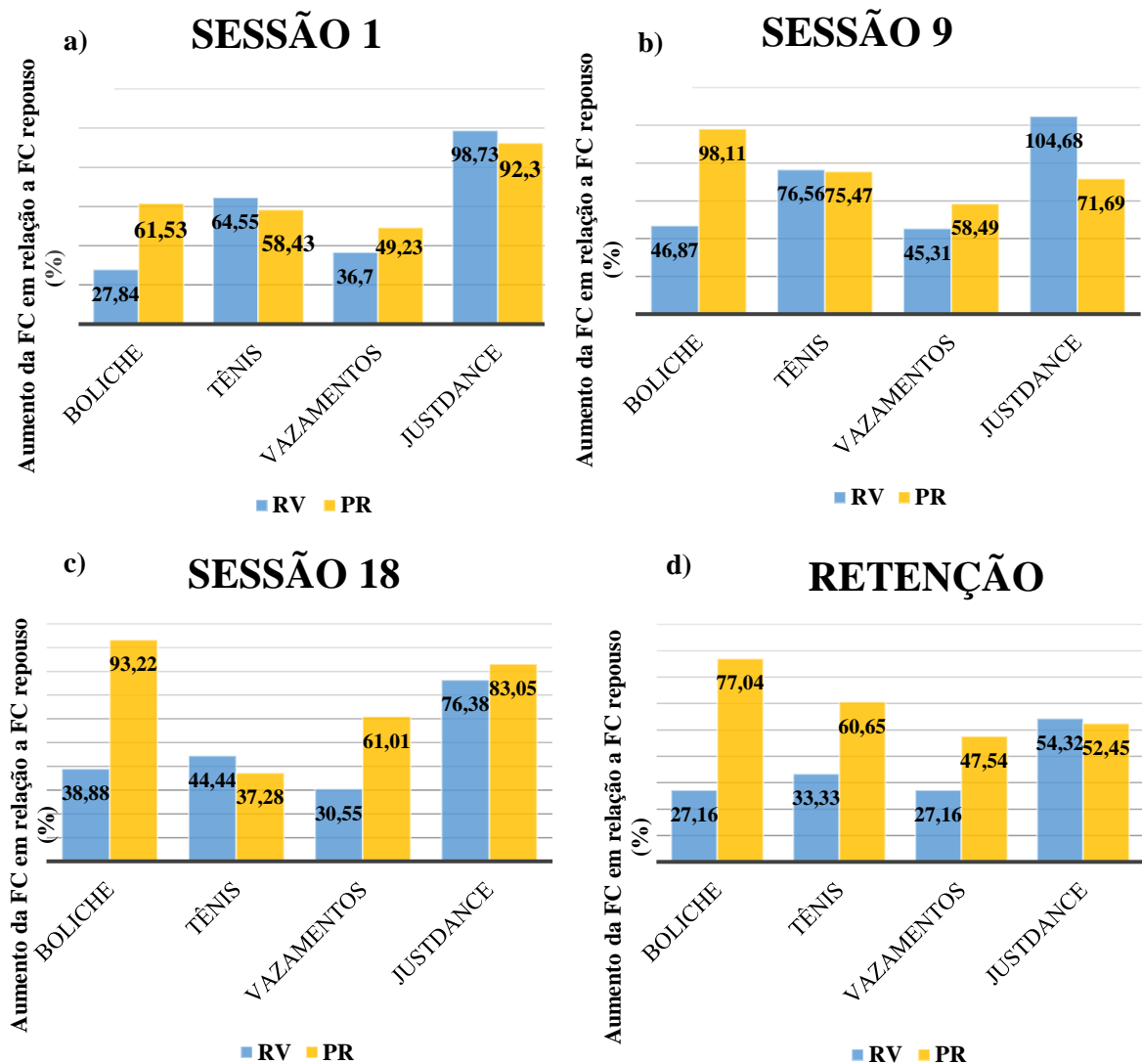
6.2.3.2.3. Intensidade da FC nos jogos (aumento percentual da FC em cada jogo)

O aumento percentual da FC em cada jogo na PR e na RV foi calculado em relação a FC em repouso das participantes em cada sessão de monitoramento. O aumento percentual foi feito através da diferença do valor médio da FC (durante a prática do jogo) pelo valor médio da FC (em repouso), o resultado foi dividido pelo valor médio da FC (em repouso) e por fim, multiplicado por 100.

Os valores foram vistos na sessão um (Figura 29- a) para os jogos boliche (PR=61,53%, RV=27,84%), tênis de mesa (PR=58,43%, RV=64,55%), vazamentos (PR=49,23%, RV=36,70%) e Just dance (PR=92,3%, RV=98,73%). Na sessão 9 (Figura 29- b) para os jogos boliche (PR=98,11%, RV=46,87%), tênis de mesa (PR=75,47%, RV=76,56%), vazamentos (PR=58,49%, RV=45,31%) e Just dance (PR=71,69%, RV=104,68%). Na sessão 18 (Figura 29- c) para os jogos boliche (PR=93,22%, RV=38,88%), tênis de mesa (PR=37,28%, RV=44,44%), vazamentos (PR=61,01%, RV=30,55%) e Just dance (PR=83,05%,

RV=76,38%). E na retenção (Figura 29- d) para os jogos boliche (PR=77,04%, RV=27,16%), tênis de mesa (PR=60,65%, RV=33,33%), vazamentos (PR=47,54%, RV=27,16%) e Just dance (PR=52,45%, RV=54,32%).

Figura 29- Aumento percentual da FC de cada jogo em relação a FC repouso, na sessão um (a), sessão nove (b), sessão dezoito (c) e na retenção (d) na PR e na RV, em %

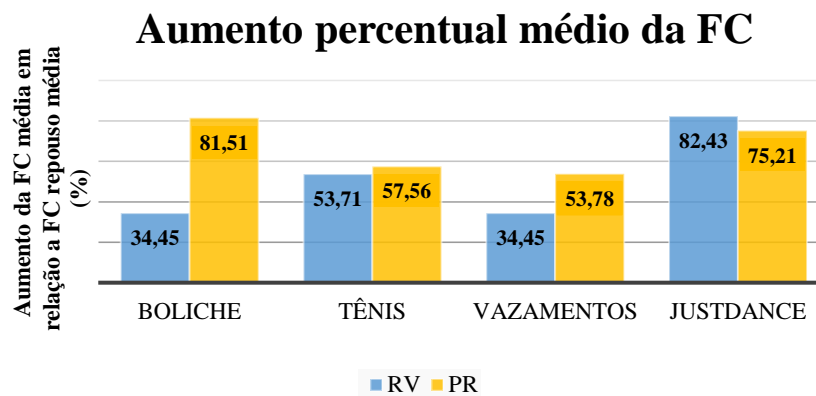


Fonte: Própria autora

Diante da média da FC repouso e da média do aumento percentual da FC em cada jogo em relação a FC repouso nas sessões um, nove, dezoito e na retenção na PR e na RV foi possível ver o aumento percentual médio da FC de cada jogo em relação a FC repouso média nas PR e na RV (Figura 30).

Notou-se que o aumento percentual médio da FC foi maior no boliche (PR= 81,51%, RV= 34,45%), no tênis de mesa (PR= 57,56, RV= 53,71%) e no Vazamentos (PR= 53,78%, RV= 34,45%) na PR comparado à RV e o aumento percentual médio da FC foi maior no Just dance na RV (PR= 75,21, RV= 82,43%). Na PR, o boliche (81,51%) foi o jogo com o maior aumento percentual médio da FC e o vazamentos (53,78%) foi o jogo com menor aumento percentual médio da FC. Na RV o Just dance (82,43%) foi o jogo com maior aumento percentual médio da FC e o boliche (34,45%) e o vazamentos (34,45%) com valores iguais, foram os jogos com menores aumento percentual da média da FC.

Figura 30- Aumento percentual médio da FC de cada jogo em relação a FC repouso média, em %.



Fonte: Própria autora

6.2.3.3. Avaliação da ativação cerebral

A avaliação da ativação cerebral foi realizada como prevista no protocolo de avaliação descrito no item 6.1.2.4. Os dados provenientes dos sensores acoplados na faixa posicionada na região frontal do participante foram realizados por meio de rotinas escritas em linguagem MATLAB (versão 9.0 - Math Works Inc.), para então calcular as mudanças na concentração da oxihemoglobina e desoxihemoglobina associadas a ativação neuronal. Na sequência, as variáveis HHb, HbO₂, tHb e HbDiff foram processadas. Os dados foram obtidos, entretanto, não foram analisados, portanto não serão apresentados neste estudo de aplicação.

6.2.3.4. Desempenhos das participantes na RV e na PR

As pontuações dos jogos realizados em cada sessão de ambos os grupos foram anotadas, e todas as sessões foram filmadas a fim de evitar possíveis erros nas anotações.

Os desempenhos das participantes na RV e na PR foram realizados como previstas no protocolo de avaliação descrito no item 6.1.2.5, 6.1.2.5.1, 6.1.2.5.2, 6.1.2.5.3, 6.1.2.5.4, 6.1.2.5.5, 6.1.2.5.6, 6.1.2.5.7, 6.1.2.5.8. Os dados foram provenientes da pontuação com a RV e com a PR durante a realizações das sessões e na retenção e, partir desses dados foram calculados o desempenho das participantes no boliche (na RV e na PR), tênis de mesa (na RV e na PR) e no Vazamentos (na RV e na PR) que serão apresentados nos tópicos a seguir. O jogo Just Dance teve sua pontuação feita pela filmagem das participantes durante o jogo e pelo Software KinesiOS que está integrado ao hardware Kinect ONE, como descrito nos tópicos 6.1.2.5.5.1 e 6.1.2.5.5.2. Entretanto, para este estudo de aplicação, os dados do Software KinesiOS foram obtidos, mas ainda não foram analisados, portanto não serão apresentados neste estudo de aplicação.

6.2.3.4.1. Desempenho da participante na RV

A Tabela 4 apresenta a pontuação da participante da RV após o término de todas as sessões, das avaliações pré e pós intervenção e da retenção.

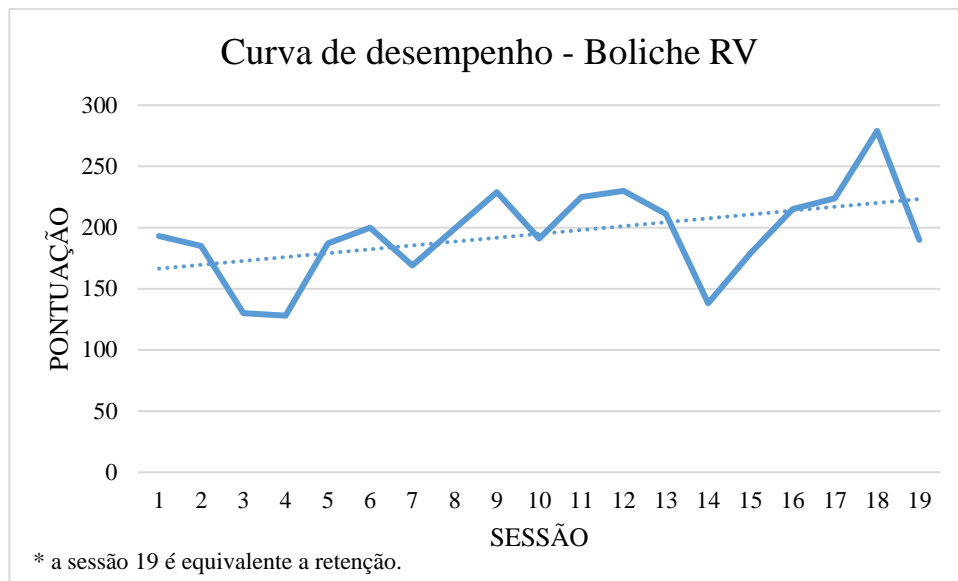
Tabela 4: Pontuação dos Jogos RV da participante da RV

PONTUAÇÃO PARTICIPANTE - REALIDADE VIRTUAL					
DIA	SESSÃO	BOLICHE	TÊNIS DE MESA	VAZAMENTOS	JUST DANCE
13/06	1	(1G) 193x256 (PC)	(1G) 11x03 (PC)	Etapa 1- 142 Etapa 2- 171	-
14/06	2	(1G) 185x266 (PC)	(1G) 06x11 (PC)	Etapa 1- 144 Etapa 2- 160	-
17/06	3	(1G) 130x257 (PC)	(1G) 14x12 (PC)	Etapa 1- 148 Etapa 2- 171	-
20/06	4	(1G) 128x269 (PC)	(1G) 11x06 (PC)	Etapa 1- 143 Etapa 2- 169	-
21/06	5	(1G) 187x258 (PC)	(1G) 11x04 (PC)	Etapa 1- 153 Etapa 2- 175	-
24/06	6	(1G) 200x246 (PC)	(1G) 11x02 (PC)	Etapa 1- 152 Etapa 2- 175	-
28/06	7	(1G) 169x258 (PC)	(1G) 11x05 (PC)	Etapa 1- 154 Etapa 2- 174	-
30/06	8	(1G) 199x246 (PC)	(1G) 11x06 (PC)	Etapa 1- 155 Etapa 2- 175	-
01/07	9	(1G) 229x234(PC)	(1G) 11x06 (PC)	Etapa 1- 155 Etapa 2- 180	-
04/07	10	(1G) 191x267(PC)	(1G) 11x02 (PC)	Etapa 1- 149 Etapa 2- 176	-
05/07	11	(1G) 225x247(PC)	(1G) 11x08 (PC)	Etapa 1- 154 Etapa 2- 175	-
08/07	12	(1G) 230x267(PC)	(1G) 11x02 (PC)	Etapa 1- 156 Etapa 2- 176	-
11/07	13	(1G) 211x247(PC)	(1G) 11x05 (PC)	Etapa 1- 152 Etapa 2- 178	-
12/07	14	(1G) 138x246(PC)	(1G) 11x01 (PC)	Etapa 1- 157 Etapa 2- 179	-
15/07	15	(1G) 179x246(PC)	(1G) 11x02 (PC)	Etapa 1- 153 Etapa 2- 177	-
18/07	16	(1G) 215x266(PC)	(1G) 11x00 (PC)	Etapa 1- 156 Etapa 2- 177	-
19/07	17	(1G) 224x246(PC)	(1G) 11x05 (PC)	Etapa 1- 155 Etapa 2- 178	-
22/07	18	(1G) 279x258(PC)	(1G) 11x01 (PC)	Etapa 1- 158 Etapa 2- 177	-
01/08	Retenção	(1G) 190x246(PC)	(1G) 11x09 (PC)	Etapa 1- 156 Etapa 2- 177	-

	Derrota no jogo
	Vitória no jogo

Fonte: Própria autora

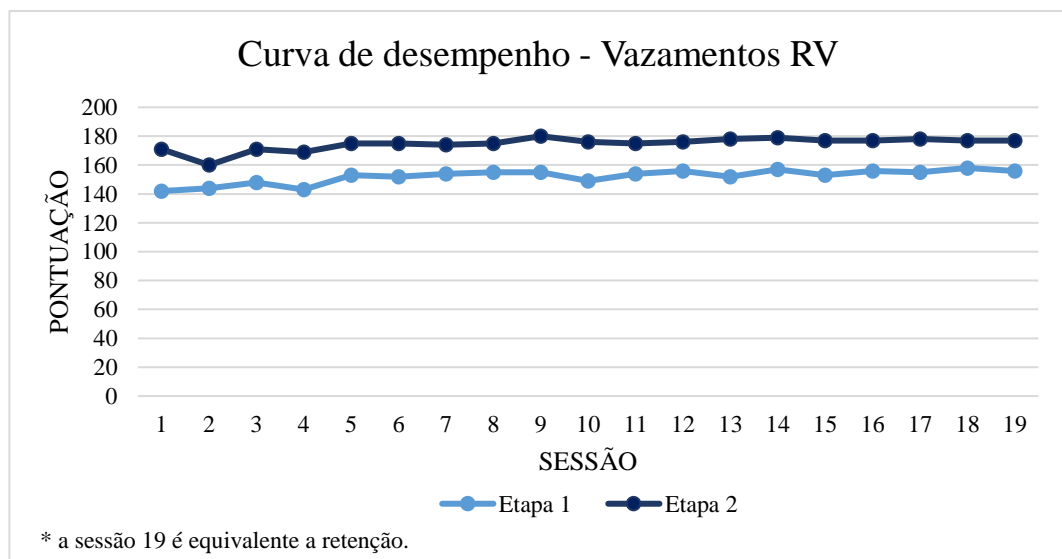
No jogo boliche a participante ganhou do computador apenas na sessão 18, totalizando 279 pontos, contra 258 do computador. A Figura 31 apresenta a curva de desempenho do jogo do boliche da RV (Figura 31). No jogo tênis de mesa a participante perdeu apenas na sessão 2 e ganhou todas as outras sessões e na retenção.

Figura 31: Curva de desempenho – Boliche RV

Fonte: Própria autora

O jogo vazamentos teve a pontuação das fases 1, 2 e 3 somadas na etapa 1 e das fases 4, 5 e 6 somadas na etapa 2. A participante apresentou sua maior pontuação da etapa 1 na sessão 18 com 158 pontos e a maior pontuação da etapa 2 na sessão 9 com 180 pontos. No entanto, no geral, os valores da etapa 1 e da etapa 2 não tiveram grandes variações.

A média das pontuações da etapa 1 foi de 152 pontos e a pontuação máxima foi de 158 e a mínima de 142 pontos. A média das pontuações da etapa 2 foi de 174 pontos com a pontuação máxima de 180 pontos e a mínima de 160 pontos. A figura 31 apresenta a curva de desempenho do jogo vazamentos da RV (Figura 32).

Figura 32: Curva de desempenho – Vazamentos RV

Fonte: Própria autora

6.2.3.4.2. Desempenhos da participante na PR

A Tabela 5 apresenta a pontuação da participante da RV após o término de todas as sessões, das avaliações pré e pós intervenção e da retenção.

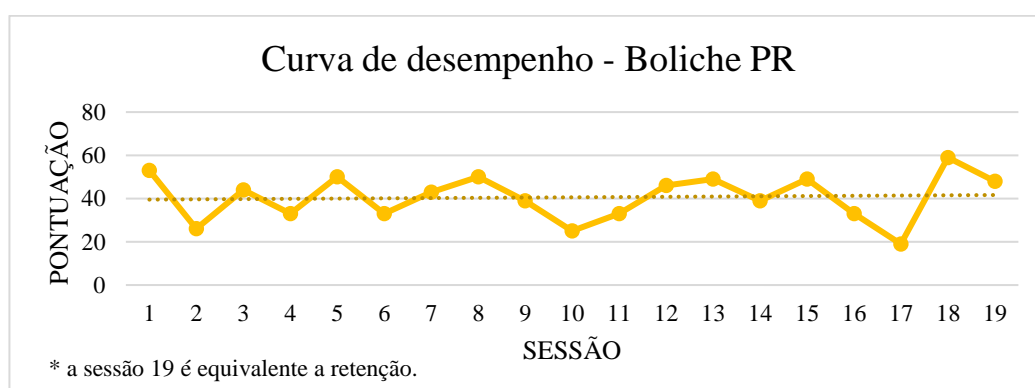
Tabela 5: Pontuação dos Jogos PR da participante da PR.

PONTUAÇÃO PARTICIPANTE – PRÁTICA REAL					
DIA	SESSÃO	BOLICHE	TÊNIS DE MESA	VAZAMENTOS	JUST DANCE
27/06	1	53 pontos	23 erros	Etapa 1- 107 Etapa 2- 153	-
28/06	2	26 pontos	19 erros	Etapa 1- 124 Etapa 2- 158	-
01/07	3	44 pontos	17 erros	Etapa 1- 128 Etapa 2- 165	-
04/07	4	33 pontos	6 erros	Etapa 1- 128 Etapa 2- 160	-
05/07	5	50 pontos	8 erros	Etapa 1- 126 Etapa 2- 163	-
08/07	6	33 pontos	7 erros	Etapa 1- 134 Etapa 2- 164	-
12/07	7	43 pontos	6 erros	Etapa 1- 133 Etapa 2- 163	-
14/07	8	50 pontos	4 erros	Etapa 1- 134 Etapa 2- 163	-
15/07	9	39 pontos	14 erros	Etapa 1- 133 Etapa 2- 168	-
18/07	10	25 pontos	2 erros	Etapa 1- 135 Etapa 2- 168	-
19/07	11	33 pontos	2 erros	Etapa 1- 140 Etapa 2- 172	-
08/08	12	46 pontos	2 erros	Etapa 1- 145 Etapa 2- 173	-
25/07	13	49 pontos	5 erros	Etapa 1- 136 Etapa 2- 168	-
28/07	14	39 pontos	5 erros	Etapa 1- 141 Etapa 2- 165	-
29/07	15	49 pontos	12 erros	Etapa 1- 133 Etapa 2- 170	-
01/08	16	33 pontos	0 erros	Etapa 1- 140 Etapa 2- 173	-
02/08	17	19 pontos	0 erros	Etapa 1- 143 Etapa 2- 170	-
05/08	18	59 pontos	11 erros	Etapa 1- 144 Etapa 2- 172	-
18/08	Retenção	48 pontos	1 erro	Etapa 1- 134 Etapa 2- 168	-

Fonte: Própria autora

No jogo boliche, a participante conseguiu sua maior pontuação na sessão 18 com 59 pontos. A Figura 33 apresenta a curva de desempenho do jogo do boliche da PR (Figura 33).

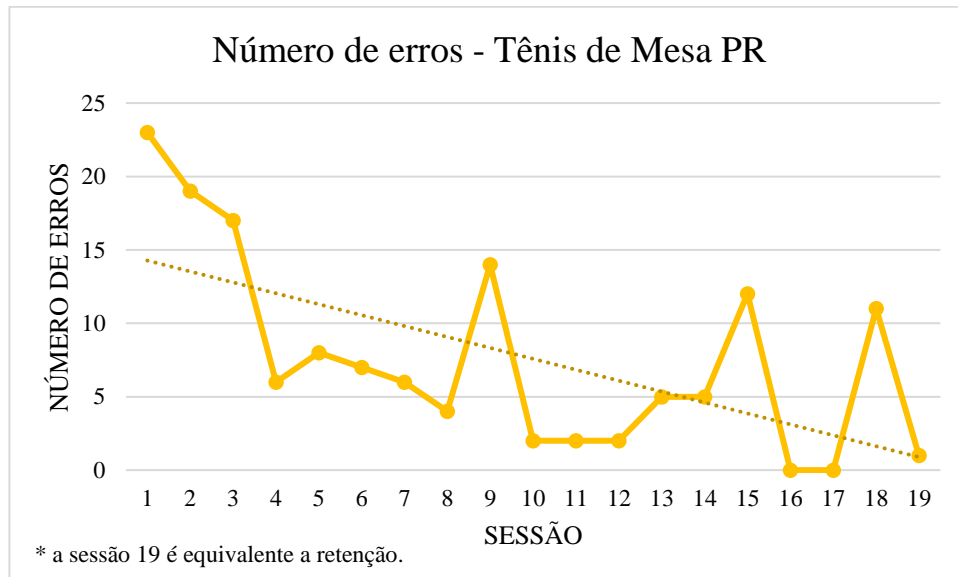
Figura 33: Curva de desempenho – Boliche PR



Fonte: Própria autora

No jogo tênis de mesa a participante atingiu duas vezes a quantidade mínima de erros nas sessões 16 e 17. A Figura 34 apresenta a quantidade de erros durante todas as sessões e também na retenção.

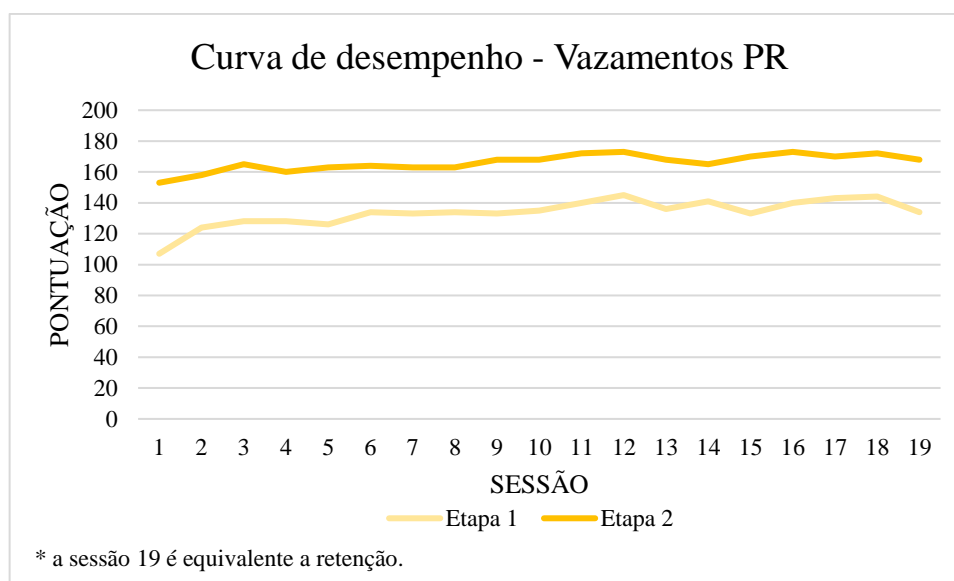
Figura 34- Quantidade de erros – Tênis de Mesa PR



Fonte: Própria autora

O jogo vazamentos teve a pontuação das fases 1, 2 e 3 somadas na etapa 1 e das fases 4, 5 e 6 somadas na etapa 2. A participante apresentou sua maior pontuação da etapa 1 na sessão 12 com 145 pontos e a maior pontuação da etapa 2 nas sessões 12 e 16 com 173 pontos.

A média das pontuações da etapa 1 foi de 133 pontos, a pontuação máxima foi de 145 e a mínima de 107 pontos. A média das pontuações da etapa 2 foi de 166 pontos com a pontuação máxima de 173 pontos e a mínima de 153 pontos. Os valores da PR também tiveram PR uma pequena variação em torno do valor da média. A maior diferença foi da média dos valores da etapa 1 (133 pontos) para o valor mínimo da etapa 1 (107 pontos) que totalizou 26 pontos de diferença. A figura 34 apresenta a curva de desempenho do jogo vazamentos da PR (Figura 35).

Figura 35: Curva de desempenho – Vazamentos PR

Fonte: Própria autora

6.2.4. Considerações sobre a viabilidade e aplicabilidade

Como pode ser visto, o protocolo desenvolvido se mostrou viável (viabilidade) e possível de ser aplicado (aplicabilidade). Mas especificamente, durante a aplicação do protocolo foi observado que as participantes entenderam e realizaram todas as atividades previstas no protocolo, seja o protocolo de prática seja o protocolo de avaliação.

Em relação ao protocolo de prática, as participantes compreenderam e realizaram todos os jogos previstos no protocolo, dentro do tempo previsto para cada jogo e para o descanso, e os jogos foram controlados igualmente pelos pesquisadores.

Quanto ao protocolo de avaliação, as participantes compreenderam e realizaram todas as avaliações previstas no protocolo, tendo os procedimentos experimentais sido realizados conforme previsto. Mais do que isso, as avaliações possibilitaram a obtenção de dados válidos e condizentes com as avaliações realizadas.

Neste sentido, é possível afirmar que o protocolo de desenvolvido apresenta viabilidade (é viável; pode ser percorrido) e aplicabilidade (qualidade ou atributo do que é aplicável).

7. DISCUSSÃO

O desenvolvimento deste trabalho originou-se na questão de comparar os efeitos da prática com RV e PR nos processos e mecanismos envolvidos no controle dos movimentos de adultos jovens, ou seja, comparar quais as adaptações e os efeitos que essas práticas promovem no controle motor de adultos jovens. Dessa forma, o estudo teve por objetivo primário o desenvolvimento de um protocolo de prática e avaliação que permita investigar os efeitos da prática com RV e PR sobre o controle motor de adultos jovens. E como objetivo secundário a aplicação do protocolo desenvolvido para avaliar a sua aplicabilidade e viabilidade.

Nesse sentido, houve a elaboração e organização das atividades a serem realizadas na prática com RV e na PR (protocolo de prática), a definição dos procedimentos de avaliação dos processos e mecanismos envolvidos no controle dos movimentos dos participantes de ambas práticas (protocolo de avaliação) e a aplicação do protocolo a fim de verificar sua aplicabilidade e viabilidade, das práticas e das avaliações propostas.

Não foram encontrados estudos que comparassem os efeitos de dois programas de intervenção, com e sem RV, elaborados de maneira semelhantes, com atividades e sistemas de avaliação similares em adultos jovens. Cavalcanti Neto (2018) também encontrou essa dificuldade quando realizou seu estudo com crianças com transtorno do desenvolvimento da coordenação, na qual impactou na compreensão dos resultados dessas intervenções na funcionalidade dessas crianças.

Cavalcanti Neto (2018) discute que os resultados já encontrados com os protocolos de treinamento aplicados em crianças com transtorno do desenvolvimento da coordenação (ASHKENAZI *et al.*, 2013; FERGUSON *et al.*, 2013; HAMMOND *et al.*, 2014; STRAKER *et al.*, 2015) devem ser interpretados com cautela, pois houve limitações e divergências nos protocolos aplicados. Há estudos na literatura em idosos (SANTOS *et al.*, 2015), em pacientes com insuficiência cardíaca (RAPOSO, 2022), em crianças com PC (MOREIRA, 2012) comparando os efeitos da intervenção com RV e sem RV mas não com atividades e sistemas de avaliação similares como feito nesse estudo.

Além disso, esses estudos com intervenção com RV não apresentavam jogos variados que abordassem características diversas como o equilíbrio, o tempo de reação, o ritmo, a coordenação e o envolvimento de diferentes segmentos corporais como neste presente estudo. Esses estudos focaram em algum aspecto específico, como a prática de atividades antecipatórias a partir de movimentos simples, a prática de jogos que transmitissem a sensação de bem-estar e a prática de jogos somente através de jogos de dança, porque, esses estudos foram feitos,

respectivamente, com populações com PC (MOREIRA, 2012), com insuficiência cardíaca (RAPOSO, 2022) e com idosos (SANTOS *et al.*, 2015).

Dessa forma, a partir do desenvolvimento do protocolo e da sua aplicação, vários aspectos podem ser discutidos. É importante ressaltar que para além da discussão do desenvolvimento e aplicação do protocolo, pretende-se, nesta discussão, refletir sobre as limitações encontradas na aplicação deste protocolo para possíveis mudanças em estudos futuros.

Em relação a realização das práticas, alguns aspectos devem ser ressaltados. Na prática com RV, foi percebido que roupas largas ou com estampa quadriculada utilizadas pelas participantes afetou a captação de movimento pelo sensor Kinect do Xbox 360° e do Kinect ONE integrado ao software KinesiOS. Objetos coloridos de forma listrada no ambiente em que foram realizadas as práticas também afetaram a captação de movimento pelo sensor Kinect do Xbox 360° e do Kinect ONE do software KinesiOS.

Dessa forma, quando utilizar os sensores Kinect do Xbox 360° e Kinect ONE do software KinesiOS deve-se padronizar o uso de roupas pretas e ajustadas ao corpo do voluntário para que o desempenho do voluntário não seja afetado durante a prática. Além de preparar um ambiente espaçoso com o mínimo de objetos coloridos dispersos na prática com RV. Cabe ressaltar que como o Kinect ONE do software KinesiOS necessita de internet para o seu funcionamento, é importante realizá-lo em ambiente em que não haja oscilação de internet, o que aconteceu com alguns dados que foram perdidos ao longo da prática pela oscilação desta.

Somado a isso, observou-se que na reprodução dos jogos na PR, algumas características próprias do jogo virtual são difíceis de replicar na PR, exatamente, pelo fato da RV ser uma mídia constituída por simulações computacionais interativas (SHERMAN; CRAIG, 2003) de difícil reprodução. Como exemplo, no jogo Vazamentos, tentou-se replicar a chegada do peixe antes de realizar a fissura no aquário, por meio da sombra das mãos das pessoas que estavam manipulando os lasers. No entanto, isso não foi possível pois o material na qual foi confeccionado o aquário não permitiu essa visualização. Além disso, embora os resultados da pontuação desse jogo durante as sessões e a retenção não apresentaram grandes variações, tanto para a prática com RV (Figura 32) quanto para a PR (Figura 35), parece que essa variação foi maior para a PR, o que poderia refletir essa dificuldade em reproduzir este jogo na PR. Entretanto, ao observar a pontuação deste jogo nos dois tipos de prática, nota-se que ela foi alta tanto para a prática com RV (ao redor de 150 pontos para a Etapa 1 e ao redor de 180 pontos para a Etapa 2) quanto para a PR (ao redor de 140 pontos para a Etapa 1 e ao redor de 170 pontos para a Etapa 2). Isso sugere o jogo apresentou um nível de dificuldade baixo, levando a

um efeito teto nos dois tipos de prática. Neste caso, as possíveis diferenças na variação dessa pontuação ao longo das sessões de prática poderiam ser em função de características dos tipos de prática e não de falhas na reprodução do jogo na PR.

Na reprodução do jogo Just Dance, na PR, o jogador não recebia os movimentos a serem feitos e também não recebia os feedbacks de seus movimentos realizados. Isso confirma que a simulação de um mundo real gerada especificamente pelo computador (RODRIGUES; PORTO, 2013) determina características únicas que só podem ser proporcionadas através da RV, não sendo possível replicá-las com exatidão na PR. No entanto, talvez sejam exatamente essas particularidades de cada prática (RV e PR) que possam levar a diferentes adaptações.

Em relação ao jogo do boliche na PR, cabe ressaltar que a maior dificuldade foi a escolha da bola. Mesmo após a realização de muito testes (com bolas de diferentes pesos, diâmetros e materiais), parece que a bola utilizada no presente estudo ainda teve um grande diâmetro e perdia sua forma (deformava) ao longo do deslocamento na pista. Esses fatores poderiam explicar o desempenho da participante nesse jogo (Figura 33) consideravelmente inferior ao desempenho da participante que realizou esse jogo na RV (Figura 31). No entanto, essa diferença no desempenho na PR e na prática com RV também poderia ser decorrente de diferenças no nível de dificuldade desse jogo quando realizado na RV ou na PR. É possível ainda que essa diferença no desempenho na RV e PR seja, simplesmente, decorrente de uma dificuldade da participante que realizou a PR. E, como neste estudo de aplicação houve participação de uma participante em cada tipo de prática, não é possível saber se foi uma particularidade da participante, dos materiais (bola e piso) utilizados, ou das características da prática em si. Neste sentido, os próximos passos são realizar novos testes para identificar quais as melhores características da bola e do piso utilizado nesse jogo e, obviamente, ampliar o número de participantes que realizarão o protocolo.

Em relação às avaliações realizadas, alguns aspectos também merecem ser discutidos. Um aspecto importante é que, como a aplicação do protocolo foi realizada com apenas duas participantes, os resultados obtidos tiveram o objetivo de avaliar sua pertinência, aplicabilidade e viabilidade, e não para investigar efetivamente os efeitos das práticas nos aspectos avaliados neste estudo de aplicação. Dessa forma, isso só será possível quando essas práticas forem realizadas por um número maior de pessoas. Com isso, de forma geral, os protocolos de avaliação desenvolvidos mostraram-se adequados (pertinentes, possíveis de serem aplicados e viáveis). As particularidades de cada uma das avaliações realizadas serão discutidas a seguir.

A escolha da avaliação do controle postural objetivou avaliar os possíveis efeitos das práticas sobre a estabilidade postural dos participantes bem como sobre os processos e

mecanismos envolvidos nesse controle (principalmente a partir das informações obtidas a partir das análises estruturais e espectrais). Visto que existem evidências de que as características da prática influenciam em processos e mecanismos envolvidos no controle postural (FURTADO *et al.*, 2011; NAGY *et al.*, 2004; VENEROSO; SEGUNDO; GODOI, 2021), é importante ampliar essas análises em estudos com RV.

O fato do protocolo de treinamento ter sido aplicado com duas pessoas e que as condições experimentais foram realizadas em apenas uma tentativa, os resultados aqui apresentados precisam ser vistos com cautela. No entanto, além das análises globais aqui apresentadas no trabalho, é importante mencionar que o protocolo desenvolvido inclui as análises espectrais e estruturais, pois dessa forma é possível descrever e entender os mecanismos fisiológicos e biomecânicos subjacentes relacionados ao controle postural (VENEROSO; SEGUNDO; GODOI, 2021).

A análise espectral em diferentes bandas de frequência, pressupõe que diferentes bandas de frequência estão relacionadas ao controle baseado em diferentes fontes de entradas sensoriais (GOLOMER *et al.*, 1999; NAGY *et al.*, 2004) e, portanto, fornece informações sobre o uso de diferentes fontes de entradas sensoriais pelo sistema de controle postural. Já a análise estrutural fornece informações relacionadas ao processo de geração de sequências de comandos posturais (BARBOSA; VIEIRA, 2017; JACONO *et al.*, 2004; VIEIRA; OLIVEIRA; NADAL, 2009) e dessa forma, a junção das três análises (global, espectral e estrutural) colaborariam para dados mais robustos.

A escolha da avaliação da VFC objetivou avaliar alguns parâmetros fisiológicos, já que a VFC reflete na interação e modulação do sistema nervoso simpático (SNS) e do sistema nervoso parassimpático (SNP) (MORAES FILHO; RIBEIRO, 2005). Desse modo, a utilização da medida de VFC possibilitou analisar a participação do sistema nervoso autônomo (SNA) na prática de alguma tarefa (COUTINHO, 2010; PASCHOA; COUTINHO; ALMEIDA, 2006) e foi utilizada no protocolo de avaliação a fim de melhor caracterizar a PR e a RV, por se tratar de um recurso metodológico de grande simplicidade e fácil aplicação (GRUPI; MORAES, 2001).

Em relação aos resultados apresentados neste trabalho, alguns aspectos podem ser discutidos com o objetivo de melhor compreender as possibilidades dessa análise. Cabe novamente lembrar que os resultados precisam ser vistos com cautela, pois foram avaliadas apenas em duas participantes. No entanto, alguns resultados da VFC foram diferentes quando comparados a PR e a RV. Por exemplo, na análise do domínio da frequência, na PR houve uma diminuição dos valores de LF até a sessão 18 (LF= 12,32un), mostrando uma redução da

atividade do SNS, e na retenção houve um aumento de seu valor, comparado com esta sessão (LF= 39,83un), mostrando um aumento da atividade do SNS, no entanto este valor ainda não foi maior comparado a sessão 1 (LF= 86,95un). Já, os valores de HF aumentam da primeira sessão (HF= 13,03un) até a sessão 18 (HF= 87,61un), mostrando um aumento da atividade do SNS, mas na retenção o valor de HF (HF= 60,17un) é menor que HF comparado a sessão 18 (HF=87,61un), mostrando uma diminuição da atividade do SNS.

Na RV, os valores de LF foram crescentes da primeira sessão (LF= 18,54un) até a retenção (LF= 38,44un), mostrando um aumento da atividade do SNS e os valores de HF foram decrescentes da primeira sessão (HF= 81,45un) até a retenção (HF=61,52un.), mostrando uma diminuição do SNS.

Há a possibilidade de que essa diferença da modulação do sistema nervoso autônomo na PR e RV aconteça devido as características das práticas. A RV se caracteriza pela interação, envolvimento e imersão em um ambiente (CORRÊA; NUNES, 2009) e são através dessas características que fazem o jogador atentar-se momento a momento sobre sua ação em determinado jogo, pois não se sabe qual será a próxima ação necessária. Isso resultou em respostas do SNS, pois esse sistema expressa-se com maior intensidade durante o estresse e situações de emergência (COUTINHO, 2010), provocando a aceleração da FC, aumento na força de contração do músculo cardíaco e aumento da pressão arterial (KIERNAN, 2003). Ou seja, as características dos jogos de RV exigiram mudanças a cada ação do participante, uma vez que situações de estresse os alertavam sobre ameaças próximas, resultando assim em respostas de “luta e fuga”, como é caracterizado o SNS (BERNARDES, 2019).

Já na PR houve uma diminuição dos valores de LF da primeira sessão até a retenção e diferentemente da RV, há a possibilidade de que essa diminuição do SNS ocorreu devido as características da PR, ou seja, o voluntário não precisou se atentar com as mudanças do jogo, pois ele tinha o controle da maioria das ações. Diferentemente dos jogos da RV, na qual eram jogados contra o computador, como os jogos do boliche e do tênis de mesa, e assim geravam um maior estresse por parte do participante da RV, devido a variabilidade das repostas do computador.

Em relação às respostas cardiovasculares ao exercício físico, sabe-se que, a FC aumenta em decorrência da execução de exercícios (BRUM *et al.*, 2004) e o aumento percentual médio da FC de cada jogo em relação a FC repouso média nas PR e na RV mostrou diferença entre as práticas. Na qual, jogos da RV, como o Just Dance foi capaz de proporcionar um aumento percentual médio da FC maior comparado ao Just Dance da PR (PR= 75,21, RV= 82,43%) e valores próximos do aumento percentual médio do tênis de mesa da RV comparado a PR (PR=

57,56, RV= 53,71%). Esses dados colaboram com a literatura quando comparados a FC média de alguma PR com alguma prática de RV, na qual os jogos de RV tiveram maiores médias de FC quando comparados com o exercício aeróbico em uma esteira, por exemplo (ALVES *et al.*, 2017; DOURIS *et al.*, 2012). Esses dados supõem que a RV sistemática e regular, pode ser uma ferramenta alternativa para a melhora da aptidão física relacionada à saúde (ALVES *et al.*, 2017).

Em relação a mensuração da VFC durante o jogo, as gravações dos iRR usando monitores de FC são afetadas por fatores externos e internos que podem alterar a FC e, conseqüentemente, a VFC (VANDERLEI *et al.*, 2009). Condições como o consumo de bebidas (por exemplo, café) (OLIVEIRA, 2016), fatores de estresse psicológicos e físicos e controle do ciclo menstrual (ROQUE, 2009; VANDERLEI *et al.*, 2009) não foram controlados na avaliação da VFC no momento de aplicação do protocolo, o que pode ter afetado os resultados em nosso estudo. Também foi observado nas análises da VFC que as coletas em repouso poderiam ser superiores a 5 minutos (PASCHOAL *et al.*, 2006; SOUZA FILHO, 2019) para que fosse possível analisar um iRR mais estável a fim de evitar artefatos que são presentes no começo e no final de cada coleta.

A escolha da avaliação da atividade cortical objetivou analisar a ativação neuronal em camadas superiores do córtex cerebral, através do fNIRS. O fNIRS foi escolhido, por ser uma técnica que pode ser utilizada em tempo real, diagnóstica e não invasiva, possuir instrumentação portátil e de baixo custo, além de permitir que os participantes sejam quase totalmente livres em seus movimentos (SERAGLIA *et al.*, 2011), o que é benéfico na realização da prática com RV e PR. Verificar as alterações nas respostas hemodinâmicas (TEO *et al.*, 2016) pelo fNIRS, colabora para melhor entender as diferenças desses parâmetros no desempenho da prática com RV e da PR. O estudo de aplicação realizado no presente estudo mostrou que foi possível realizar essa avaliação utilizando o fNIRS. E, embora os dados obtidos ainda não tenham sido processados/analísados integralmente (e por esse motivo, não foram apresentados no presente estudo), o processamento inicial mostrou que os dados são coerentes e, portanto, possibilitarão o melhor entendimento das diferenças nesses parâmetros nas práticas com RV e PR.

As limitações deste estudo são: (a) a aplicação do protocolo desenvolvido com poucos voluntários; (b) a não apresentação dos dados das análises espectrais e estruturais na avaliação do controle postural, dos dados da atividade cortical, e dos dados provenientes do Software KinesiOS integrado ao hardware Kinect ONE para obtenção do desempenho das participantes no jogo Just Dance tanto na PR com na RV; (c) o não controle de consumo de bebidas

estimulantes, estresse psicológico e físico, e controle do ciclo menstrual na avaliação da VFC; e (d) a não padronização de roupas neutras e ajustadas ao corpo das participantes durante a prática dos jogos de RV.

No entanto, apesar das limitações apresentadas, os achados do presente estudo mostram que, com algumas adaptações, o protocolo desenvolvido é viável e se mostrou capaz de comparar os efeitos da RV e com a PR sobre os mecanismos e processos envolvidos no controle dos movimentos de adultos jovens. Esses resultados são relevantes visto que, posteriormente, este protocolo pode ser usado por outras populações para comparar os efeitos da RV e da PR sobre o controle de movimentos destas populações, afim de melhor reconhecer as adaptações dessas práticas sobre determinada população.

8. CONCLUSÃO

A partir dos resultados obtidos é possível concluir que houve êxito em desenvolver um protocolo que permite comparar os efeitos da RV e com a PR sobre os mecanismos e processos envolvidos no controle dos movimentos de adultos jovens.

Além disso, foi possível aplicar o protocolo desenvolvido e ele se mostrou viável visto que foi possível que as participantes realizassem a prática com RV ou PR. Da mesma forma, foi possível avaliar o controle postural, a VFC, ativação cortical e o desempenho das participantes nos jogos, o que possibilita comparar o desempenho das participantes em cada uma das práticas propostas.

9. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Como o objetivo principal deste trabalho foi o desenvolvimento do protocolo que permitisse investigar os efeitos da prática com RV e da PR sobre o controle motor de adultos jovens, a continuidade sugerida é que sua aplicação seja realizada em um maior número de voluntários. Tendo uma amostra maior será possível identificar quais as adaptações cada tipo de prática e/ou jogo resulta e, dessa forma, identificar qual tipo de prática e/ou jogo seria mais adequado a qual objetivo (dentro de um programa de intervenção) e/ou condição de saúde. Cabe ressaltar que o objetivo inicial era aplicar o protocolo com mais voluntários, mas, por conta da pandemia de Covid 19, isso não foi possível.

Além de ampliar o tamanho da amostra, outras sugestões podem ser mencionadas. Considerando as limitações identificadas no presente estudo, sugere-se que haja (a) a padronização de roupas neutras, sem nenhum tipo de estampa e mais ajustadas ao corpo do voluntário para a prática dos jogos na RV, (b) o controle de consumo de bebidas estimulantes, estresse psicológico e físico, e controle do ciclo menstrual na avaliação da VFC, (c) uma melhor definição dos valores de baseline do fNIRS, e (d) a realização de todas as análises previstas no protocolo de avaliação desenvolvido.

Ainda relacionado aos jogos RV e PR, sugere-se (e) adicionar ao protocolo desenvolvido uma Escala de Satisfação e a Escala de Borg (BORG, 2000) para melhor caracterizar os jogos pelos voluntários; e (f) um melhor controle do nível de dificuldade dos jogos da RV para que não haja o efeito teto, como observado no presente estudo para o jogo Vazamentos.

Por fim, sugere-se também (g) analisar os dados no âmbito da Aprendizagem Motora, visto que o protocolo desenvolvido possibilita a obtenção de valores de desempenho pré e pós intervenção e uma semana após o término da intervenção. Portanto, os dados obtidos permitem análises quanto à aprendizagem motora.

REFERÊNCIAS

ALVES, M. L. M.; MESQUITA, S. B.; MORAIS, S. W.; LEAL, C. J.; SATLER, E. C.; MENDES, S. A. F. Nintendo Wii™ versus Xbox Kinect™ for assisting people with parkinson's disease. **Perceptual and motor skills**, v. 125, n. 3, p. 546-565, 2018.

ALVES, R. C.; VENTURA, T. B.; MATHEUS, S. C.; BOTH, D. R.; BEHENCK, M. Sessão de exercícios com o Nintendo Wii: comportamento das variáveis hemodinâmicas, gasto calórico e sensação subjetiva de esforço. **Revista de Terapia Ocupacional da Universidade de São Paulo**, v. 28, n. 1, p. 110, jun. 2017.
DOI: <http://dx.doi.org/10.11606/issn.2238-6149.v28i1p110-114>.

ANTÃO, J. Y. F. L.; ABREU, L. C.; BARBOSA, R. T. A.; CROCETTA, T. B.; GUARNIERI, R.; MASSETTI, T.; ANTUNES, T. P. C.; TONKS, J.; MONTEIRO, C. B. M. Use of augmented reality with a motion-controlled game utilizing alphabet letters and numbers to improve performance and reaction time skills for people with autism spectrum disorder. **Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking**, v. 23, n. 1, p. 16-22, 2020.

ARANDA, C.; LACRUZ, B.; NARANJO, J. Effects of different automatic filters on the analysis of heart rate variability with Kubios HRV software. **Archivos de Medicina del Deporte**, v. 4, n. 34, p. 196-200, 2017.

ARAUJO, F.; DIAS, R.; NASCIMENTO, R.; NUMATA FILHO, E.; MORAES, J.; MOREIRA, S. Effects of isometric resistance training on blood pressure and physical fitness of men. **Motriz: revista de educação física**, v.24, n.2, 2018.
DOI: <https://doi.org/10.1590/51980-6574201800020012>.

ARUNDELL, L.; SALMON, J.; VEITCH, J.; TIMPERIO, A. The Relationship between objectively measured and self-reported sedentary behaviors and social connectedness among adolescents. **International journal of environmental research and public health**, v. 16, n. 2, p. 277, 2019. DOI: 10.3390/ijerph16020277.

ASHKENAZI, T.; LAUFER, Y.; ORIAN, D.; WEISS, P. L. Effect of training children with developmental coordination disorders in a virtual environment compared with a conventional environment. *In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON VIRTUAL REHABILITATION*, 2013, Philadelphia. **Proceedings [...]**. Washington, DC: IEEE Computer Society, 2013. p. 46-50.

BANDARABADI, M.; TEIXEIRA, C. A.; RASEKHI, J.; DOURADO, A. Epileptic seizure prediction using relative spectral power features. **Clinical Neurophysiology**, v.126, p. 237-248, 2015.

BARATTO, L.; MORASSO, P. G.; RE, C.; SPADA, G. A. New look at posturographic analysis in the clinical context: sway-density versus other parameterization techniques. **Motor Control**. v. 6, p. 246-270, 2002.

BARBOSA, C. D. P. **Análise da frequência cardíaca de adultos jovens saudáveis durante performance em um jogo de realidade virtual de imersão**. 2013. Dissertação (Mestrado em Terapia Ocupacional) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2013.

BARBOSA, R. C.; VIEIRA, M. F. Postural control of elderly adults on inclined surfaces. **Annals of Biomedical Engineering**, v. 45, n. 3, p. 726-738, 2017.
DOI: 10.1007/s10439-016-1718-z 91.

BENZING, V.; SCHMIDT, M. Exergaming for children and adolescents: strengths, weaknesses, opportunities and threats. **Journal of Clinical Medicine**, v. 7, n. 11, p. 422, 2018.

BERG, P.; BECKER, T.; MARTIAN, A.; PRIMROSE, K. D.; WINGEN, J. Motor control outcomes following nintendo wii use by a child with down syndrome. **Pediatric Physical Therapy**, v. 24, p. 78-84, Jan. 2012.

BERNARDES, A. A. **Caracterização da regulação cardiovascular: métodos variantes no tempo**. 2019. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Universidade de Brasília, Brasília, 2019.

BONFIM, T. R.; POLASTRI, P. F.; BARELA, J. A. Efeito do toque suave e da informação visual no controle da posição em pé de adultos. **Revista Brasileira de Educação Física e Esporte**, v. 20, n. 1, p. 15-25, jan./mar. 2006.

BORG, G. **Escalas de Borg para a dor e o esforço percebido**. São Paulo: Manole, 2000.

BOWMAN, D. A.; KRUIJFF, E.; LAVIOLA JUNIOR, J. J.; POUPYREV, I. **3D User interfaces: theory and practice**. Massachusetts: Addison-Wesley, 2005.

BRANDÃO, A. F.; DIAS, D. R. C.; CASTELLANO, G.; PARIZOTTO, N. A.; TREVELIN, L. C. RehabGesture: an alternative tool for measuring human movement. *Telemedicine. Journal and e-Health*, v. 22, n. 7, p. 584-589, 2016.
DOI: <https://doi.org/10.1089/tmj.2015.0139>.

BRITO-GOMES, J. L.; PERRIER-MELO, R. J.; BRITO, A. F.; COSTA, M. C. Active videogames promotes cardiovascular benefits in young adults? Randomized controlled trial. **Revista Brasileira de Ciências do Esporte**, v. 40, n. 1, p. 62-69, jan. 2018.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rbce.2018.01.002>.

BRUM, P. C.; FORJAZ, C. L. M.; TINUCCI, T.; NEGRÃO, C. E. Adaptações agudas e crônicas do exercício físico no sistema cardiovascular. **Revista Paulista Educação Física**, v.18, p.21-31, 2004, número especial. Disponível em: <http://www.luzimarteixeira.com.br/wp-content/uploads/2009/11/adaptacoes-musculares-ao-exercicio-fisico1.pdf>. Acesso em: 11 de novembro de 2022.

BRUNETTO, A. F.; ROSEGUINI, B. T.; SILVA, B. M.; HIRAI, D. M.; GUEDES, D. P. Limiar ventilatório e variabilidade de frequência cardíaca em adolescentes. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 11, n. 1, p. 22-27, jan../fev. 2005.

BURIN, D.; LIU, Y.; YAMAYA, N.; KAWASHIMA, R. Virtual training leads to physical, cognitive and neural benefits in healthy adults. **Neuroimage**, v. 222, Nov. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2020.117297>.

CAIANA, T. L.; NOGUEIRA, D. L.; LIMA, A. C. D. A Realidade virtual e seu uso como recurso terapêutico ocupacional: revisão integrativa. **Cadernos de Terapia Ocupacional da Ufscar**, v. 24, n. 3, p. 575-589, 2016.

DOI: <http://dx.doi.org/10.4322/0104-4931.ctoar0619>.

CATAI, A. M.; CHACON-MIKAHIL, M. P.; MARTINELLI, F. S.; FORTI, V. A.; SILVA, E.; GOLFETTI, R.; MARTINS, L. E. B.; SZRAJER, J. S.; WANDERLEY, J. S.; LIMA FILHO, E. C.; MILAN, L. A.; MARIN NETO, J. A.; MACIEL, B. C.; GALLO JUNIOR, L. Effects of aerobic exercise training on heart rate variability during wakefulness and sleep an cardiorespiratory responses of young an middle-aged healthy men. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, v. 35, n. 6, p. 741-752, 2002.

CAVALCANTE NETO, J. L. **Avaliação do controle autonômico cardíaco e os efeitos de intervenções com e sem realidade virtual no desempenho motor em crianças com transtorno do desenvolvimento da coordenação**. 2018. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2018.

CHEN, Y.; FANCHIANG, H. D.; HOWARD, A. Analysis of motor performance in individuals with cerebral palsy using a non-immersive virtual reality task – a pilot study. **Neuropsychiatry Disease and Treatment**, v. 98, n. 1, p. 417-428, Jan. 2018.

CHIANG, J. H.; WU, G. The Influence of foam surfaces on biomechanical variables contributing to postural control. **Gait and Posture**, v. 5, p. 239-245, 1997.

CHO, C.; HWANG, W.; HWANG, S.; CHUNG, Y. Treadmill training with virtual reality improves gait, balance, and muscle strength in children with cerebral palsy. **Tohoku Journal of Experimental Medicine**, v. 238, n. 3, p. 213-218, Mar. 2016.

CLARK, J. E. On The Problem of motor skill development. **Journal of Physical Education, Recreation & Dance**, v. 78, n. 5, p. 39-44, 2007.

CONNOLLY, T. M.; BOYLE, E. A.; MacARTHUR, E.; HAYNEY, T.; BOYLE, J. M. A Systematic literature review of empirical evidence on computer games and serious games. **Computers & Education**, v. 59, n. 2, p. 661-686, Sept. 2012.

COPE, M.; DELPY, D. T.; REYNOLDS, E. O.; WRAY, S.; WYATT, J.; VAN DER ZEE, P. Methods of quantitating cerebral near infrared spectroscopy data. **Advances in Experimental Medicine and Biology**, v.222, p.183-189, 1988.

CORRÊA, C. G.; NUNES, F. L. S. Interação com dispositivos convencionais e não convencionais utilizando integração entre linguagens de programação. *In*: NUNES, F. L. S.; MACHADO, L. S.; PINHO, M. S.; KIRNER, C. **Abordagens práticas de realidade virtual e aumentada**: XI symposium on virtual and augmented reality. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2009. Cap. 3, p. 61-103.

COSTA, M. T. S.; VIEIRA, P. L.; BARBOSA, O. E.; OLIVEIRA, M. L.; MAILLOT, P.; VAGHETTI, O. A. C.; CARTA, G. M.; MACHADO, S.; GATICA-ROJAS, V.; MONTEIRO JUNIOR, S. R. Virtual reality-based exercise with exergames as medicine in different contexts: a short review. **Clinical practice and epidemiology in mental health: CP & EMH**, v. 15, p. 15, 2019.

COUTINHO, E. B. **Análise da variabilidade da frequência cardíaca em crianças submetidas ao jogo eletrônico.** 2010. Dissertação (Mestrado) –Universidade do Vale do Paraíba, São José dos Campos, 2010.

CUI, X.; BRAY, S.; REISS, A. L. Functional near infrared spectroscopy (NIRS) signal improvement based on negative correlation between oxygenated and deoxygenated hemoglobin dynamics. **Neuroimage**, v. 49, n. 4, p. 3039-3046, 2010.

DONATH, L.; RÖSSLER, R.; FAUDE, O. Effects of virtual reality training (exergaming) compared to alternative exercise training and passive control on standing balance and functional mobility in healthy community-dwelling seniors: a meta-analytical review. **Sports Medicine**, v. 46, n. 9, p. 1293-1309, 2016.

DOURIS, P. C.; MCDONALD, B.; VESPI, F.; KELLEY, N. C.; HERMAN, L. Comparison between Nintendo Wii Fit aerobics and traditional aerobic exercise in sedentary young adults. **Journal of Strength & Condition Research**, v. 26, n. 10, p. 52-57, 2012. DOI: 10.1519/JSC.0b013e31822e5967.

FARIAS, E. H.; HOUNSELL, M. S.; BLUME, L. B.; OTT, F. R.; CORDOVIL, F. V. P. *MoviLetrando: jogo de movimentos para alfabetizar crianças com down.* In: CONGRESSO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO, 2.,/SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO, 24., 20132, Campinas. **Anais [...]**. Campinas: UNICAMP, 2013. p. 316–325.
DOI: <https://dx.doi.org/10.5753/cbie.sbie.2013.316>.

FERGUSON, G. D.; JELSMA, D.; JELSMA, J.; SMITS-ENGELSMAN, B. C. M. The efficacy of two task-orientated interventions for children with developmental coordination disorder: neuromotor task training and Nintendo Wii Fit training. **Research in Developmental Disabilities**, v. 34, n. 9, p. 2449–2461, 2013.
Doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ridd.2013.05.007>.

FERRONATO, P.A.; BARELA, J.A. Age-related changes in postural control: rambling and trembling trajectories. **Motor Control**, v. 15, p. 481-493, 2011.

FORTIN, I. Alice no país do espelho. O MUD: o jogo e a realidade virtual baseados em texto. **Imaginário**, v. 12, n. 12, p. 171-194, 2006.

FURTADO, S. I. A. **Caracterização do perfil de controlo postural em idosos, através de métodos clássicos.** 2011. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Évora, Universidad de Extremadura, Espanha, 2011.

GAGNON, L.; YUCCEL, M. A.; DEHAES, M.; COOPER, R. J.; PERDUE, K. L.; SELB, J.; HEPPERT, T. J.; HOGE, R. D.; BOAS, D. A. Quantification of the cortical contribution to the NIRS signal over the motor cortex using concurrent NIRS-fMRI measurements. **Neuroimage**, v. 59, p. 3933–3940, 2012.

GENOVES, G. G. **Efeitos de uma tarefa dupla e demandas da tarefa no controle postural de adultos jovens.** 2015. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Rio Claro, Rio Claro, 2015. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/131781>. Acesso em: 11 de novembro de 2022.

GILES, D.; DRAPER, N.; NEIL, W. Validity of the polar V800 heart rate monitor to measure RR intervals at rest. **European Journal of Applied Physiology**, v. 116, p. 563–571, 2016. DOI: 10.1007/s00421-015-3303-9.

GOLOMER, E.; CRÉMIEUX, J.; DUPUI, P.; ISABLEU, B.; OHLMANN, T. Visual contribution to self-induced body sway frequencies and visual perception of male professional dancers. **Neuroscience Letters**, v. 267, n. 3, p. 189-192, 1999.

GOLOMER, E.; DUPUI, P.; SÉRÉNI, P.; MONOD, H. The Contribution of vision in dynamic spontaneous sways of male classical dancers according to student or professional level. **Journal of Physiology**, v. 93, p. 233-237, 1999.

GOMES, G. C. V.; SIMÕES, S. M.; LIN, M. S.; BACHA, R. M. J.; VIVEIRO, P. A. L.; VARISE, M. E.; CARVAS JUNIOR, N.; LANGE, B.; JACOB FILHO, W.; POMPEU, E. J. Feasibility, safety, acceptability, and functional outcomes of playing Nintendo Wii Fit Plus™ for frail elderly: study protocol for a feasibility trial. **Pilot and Feasibility Studies**, v. 3, n. 1, p. 41, 2017.

GRAF, D. L.; PRATT, L.V.; HESTER, C. N.; SHORT, K. R. Playing active video games increases energy expenditure in children. **Pediatrics**, v. 124, n. 2, p. 534-540, 2009.

GRAVES, L. E. F.; RIDGERS, N. D.; WILLIAMS, K.; STRATTON, G.; ATKINSON, G.; CABLE, N. T. The Physiological cost and enjoyment of wii fit in adolescents, young adults, and older adults. **Journal of Physical Activity and Health**, v. 7, n. 3, p. 393-401, May 2010. DOI: <http://dx.doi.org/10.1123/jpah.7.3.393>.

GRUPI, C. J.; MORAES, R. Variabilidade da frequência cardíaca: conceito e utilidade clínica. In: MOFFA, P. J.; SANCHES, P. C. R. (Coord.). **Eletrocardiograma: normal e patológico**. 7.ed. São Paulo: Roca, 2001. p. 839-868.

GUZMÁN, J. F.; LÓPEZ-GARCÍA, J. Acute effects of exercise and active video games on adults' reaction time and perceived exertion. **European Journal of Sport Science**, v. 16, n. 8, p. 1197-1203, 2016.

HALL, S. J. **Biomecânica básica**. 4.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2005.

HAMMOND, J.; JONES, V.; HILL, E. L.; GREEN, D.; MALE, I. An investigation of the impact of regular use of the Wii Fit to improve motor and psychosocial outcomes in children with movement difficulties: a pilot study. **Child Care Health and Development**, v. 40, n. 2, p. 165-175, Mar. 2014.

Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23363371>. Acesso em. 11 de novembro de 2022.

HOLPER, L.; MUEHLEMANN, T.; SCHOLKMANN, F.; ENG, K.; KIPER, D.; WOLF, M. Testing the potential of a virtual reality neurorehabilitation system during performance of observation, imagery and imitation of motor actions recorded by wireless functional near-infrared spectroscopy (fNIRS). **Journal of Neuroengineering and Rehabilitation**, v. 7, p. 57-69, Dec. 2010.

HORAK, F.B.; MACPHERSON, J.M. Postural orientation and equilibrium. In: ROWELL, L. B.; SHERPHERD, J. T. (Ed.). **Handbook of physiology: a critical, comprehensive presentation of physiological knowledge and concepts**. New York: Oxford American Physiological Society, 1996. p.255-292.

HUPPERT, T. J. Commentary on the statistical properties of noise and its implication on general linear models in functional near-infrared spectroscopy. **Neurophotonics**, v. 3, n. 1, 2016. DOI: 10.1117/1.NPh.3.1.010401.

JACONO, M.; CASADIO, M.; MORASSO, P. G.; SANGUINETI, V. The Sway-density curve and the underlying postural stabilization process. **Motor Control**, v. 8, p. 292-311, 2004 .

KARIM, H.; SCHMIDT, B.; DART, D.; BELUK, N.; HUPPERT, T. Functional near-infrared spectroscopy (fNIRS) of brain function during active balancing using a video game system. **Gait Posture**, v. 35, p. 367-372, 2012.

KERR, B.; CONDON, S. M.; MCDONALD, L. A. Cognitive spatial processing and the regulation of posture. **Journal of Experimental Psychology: human perception performance**, v. 11, n. 5, p. 617-622, 1985.

KIERNAN, J. A. **Neuroanatomia humana de Barr**. 7.ed. São Paulo: Manole, 2003.

KIRNER, C.; KIRNER, T. G. Evolução e tendências da realidade virtual e da realidade aumentada. In: RIBEIRO, M. W. S.; ZORZAL, E. R. **Realidade virtual e aumentada: aplicações e tendências**. Uberlândia: Sociedade Brasileira de Computação, 2011. p. 8-25.

KIRNER, C.; SISCOOTTO, R. A. Fundamentos de realidade virtual e aumentada. In: KIRNER, C.; SISCOOTTO, R. A. (Ed.). **Realidade virtual e aumentada: conceitos, projeto e aplicações**. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2007. p. 2-22.

KLEM, G. H.; LÜDERS, H. O.; JASPER, H.H.; ELGER, C. The Ten-twenty electrode system of the International Federation. The International Federation of Clinical Neurophysiology. **Electroencephalography and Clinical Neurophysiology**, v. 52, p. 3-6, 1999. Supplement.

LANZARIN, M.; PARIZZOTO, P.; LIBARDONI, T. C.; SINHORIM, L.; TAVARES, G. M. S.; SANTOS, G. M. A Influência da dupla tarefa no controle postural de adultos jovens. **Fisioterapia e Pesquisa**, v. 22, n. 1, p. 61-68, jan./mar. 2015.

LEAL, A. F.; SILVA, T. D.; LOPES, P. B.; BAHADORI, S.; ARAÚJO, L. V.; COSTA, M. V. B.; MORAES, Í. A. P.; MARQUES, R. H.; CROCETTA, T. B.; ABREU, L. C.; MONTEIRO, C. B. M. The Use of a task through virtual reality in cerebral palsy using two different interaction devices (concrete and abstract) – a cross-sectional randomized study. **Journal of Neuroengineering and Rehabilitation**, v. 17, n. 1, p.59-68, 2020. DOI: 10.1186/s12984-02-00689-z.

LIMA, L. H. M.; FAGUNDES, D. S.; MENEZES, M. F.; PRADO, M. L. R.; FAVERO, M. T. Reabilitação do equilíbrio postural com o uso de jogos de realidade virtual. **Revista Científica da Faculdade de Educação e Meio Ambiente**, v. 8, n. 1, p. 161-176, 2017.

LORENZO, S. M.; BRACCIALLI, L. M. P.; ARAÚJO, R. C. T. Realidade virtual como intervenção na síndrome de down: uma perspectiva de ação na interface saúde e educação. **Revista Brasileira de Educação Especial**, v. 21, n. 2, p. 259-274, jun. 2015.

LOUREIRO, A. P. C.; RIBAS, C. G.; ZOTZ, T. G. G.; CHEN, R.; RIBAS, F. Feasibility of virtual therapy in rehabilitation of Parkinson's disease patients: pilot study. **Fisioterapia em Movimento**, v. 25, n. 3, p. 659-666, 2012.

MACHADO, L. S.; MORAES, R. M.; NUNES, F. L. S. Serious games para saúde e treinamento imersivo. In: NUNES, F. L. S.; MACHADO, L. S.; PINHO, M. S.; KIRNER, C. **Abordagens práticas de realidade virtual e aumentada: XI Symposium on Virtual and Augmented Reality**. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2009. Cap. 2, p. 31-60.

MADDISON, R.; FOLEY, L.; MHURCHU, N. C.; JIANG, Y.; JULL, A.; PRAPAVESSIS, H.; HOHEPA, M.; RODGERS, A. Effects of active video games on body composition: a randomized controlled trial. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 94, n. 1, p. 156-163, 2011.

MALLIANI, A.; PAGANI, M.; LOMBARDI, F.; CERUTTI, S. Cardiovascular neural regulation explored in the frequency domain. **Circulation**, v. 84, n. 2, p. 482-492, 1991.

MANCINI, M. C.; FIÚZA, P. M.; REBELO, J. M.; MAGALHÃES, L. C.; COELHO, Z. A. C.; PAIXÃO, M. C.; GONTIJO, A. P. B.; FONSECA, S. T. Comparação do desempenho de atividades funcionais em crianças com desenvolvimento normal e crianças com paralisia cerebral. **Arquivos de Neuro-Psiquiatria**, v. 60, n. 2-b, p. 446-452, 2002.

MARSHALL, D. **What is multimedia?**. Disponível em: <http://users.cs.cf.ac.uk/Dave.Marshall/Multimedia/node10.html>. Acesso em: 10 fev. 2021.

MARTINS, F. P. A.; MASSETTI, T.; CROCETTA, T. B.; LOPES, P. B.; SILVA, A. A.; FIGUEIREDO, E. F.; ABREU, L. C.; SILVA, T. D.; MONTEIRO, C. B. M. Analysis of motor performance in individuals with cerebral palsy using a non-immersive virtual reality task – a pilot study. **Dove Medical Press: neuropsychiatric disease and treatment**, v.15, p. 417-428, Feb. 2019.

MICHALSKI, A.; GLAZEBROOK, M. C.; MARTIN, J. A.; WONG, N. W. W.; KIM, W. J. A.; MOODY, D. K.; SALBACH, M. N.; STEINNAGEL, B.; ANDRYSEK, J.; TORRES-MORENO, R.; ZABJEK, F. K. Assessment of the postural control strategies used to play two Wii Fit™ videogames. **Gait & Posture**, v. 36, n. 3, p. 449-453, 2012.

MORAES FILHO, R. S.; RIBEIRO, J. P. Variabilidade da frequência cardíaca como instrumento de investigação do sistema nervoso autônomo em condições fisiológicas e patológicas. **Revista HCPA**, v. 25, n. 3, p. 99-106, dez. 2005.

MOREIRA, M. C. **A Utilização da realidade virtual como intervenção terapêutica para a melhora do controle postural e mobilidade funcional em crianças com paralisia cerebral**. 2012. Dissertação (Mestrado) –Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2012.

MORO, S. B.; BISCONTI, S.; MUTHALIB, M.; SPEZIALETTI, M.; CUTINI, S.; FERRARI, M.; PLACIDI, G.; QUARESIMA, V. A Semi-immersive virtual reality incremental swing balance task activates prefrontal cortex: a functional near-infrared spectroscopy study. **Neuroimage**, v. 85, p. 451-460, Jan. 2014.

NAGY, E.; TOTH, K.; JANOSITZ, G.; KOVACS, G.; FEHER-KISS, A.; ANGYAN, L.; HORVATH, G. Postural control in athletes participating in an ironman triathlon. **European Journal of Applied Physiology**, v. 92, n. 4/5, p.407-413, Aug. 2004.

NASCIMENTO, D. B.; CARVALHO, G. F. J.; COSTA, R. M. E. M. ReabRA: reabilitação cognitiva através de uma aplicação de realidade aumentada. *In: WORKSHOP DE REALIDADE VIRTUAL E AUMENTADA*, 5., 2008, Rio de Janeiro. **Anais[...]**. Rio de Janeiro: Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 2008.

NASHNER, L. M. Analysis of stance posture in humans. *In: TOWE, A. L.; LUSCHEI, E. S. (Ed.). Motor coordination*. New York: Plenum Press, 1981. p. 527-565. (Handbook of behavioral neurology, v.5).

NASHNER, L. M.; BLACK, F. O.; WALL, C. Adaptation to altered support and visual conditions during stance: patients with vestibular deficits. **Journal of Neuroscience**, v. 2, n. 5, p. 536-544, 1982.

NUMATA FILHO, E. S.; ARAUJO, F. S.; MOREIRA, S. R. Respuesta aguda del ejercicio resistido dinámico e isométrico en variables hemodinámicas y autonómicas cardíacas. **Revista Andaluza de Medicina del Deporte**, v. 12, n. 2, p. 93-98, 2019. DOI: <https://doi.org/10.33155/j.ramd.2019.01.008>.

OCTAMON, ARTINIS MEDICAL SYSTEMS. Disponível em: <https://www.artinis.com/octamon>. Acesso em: 15 ago. 2022.

O'DONOVAN, C.; ROCHE, E. F.; HUSSEY, J. The Energy cost of playing active video games in children with obesity and children of a healthy weight. **Pediatric Obesity**, v. 9, n. 4, p. 310-317, 2014.

OLIVEIRA, A. I. A.; SILVA, R. L. M.; ZAPAROLI, D. A. **Inovação tecnológica & inclusão social**. Belém: EDUEPA, 2011.

OLIVEIRA, R. A. M. **Consumo de café e variabilidade da frequência cardíaca na linha de base do estudo longitudinal de saúde do adulto (ELSA- Brasil), 2008-2010**. 2016. Dissertação (Mestrado) –Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2016.

OLIVEIRA, R.; NAVARRO, R. S.; CHAHINI, M. O.; LIMA, S. M. M.; SANTOS, L. A. Variabilidade da frequência cardíaca durante o sono: comparação entre atletas de alto desempenho e indivíduos saudáveis. **Revista Brasília Médica**, v. 58, p. 1-8, 2021.

PAGANI, M.; LOMBARDI, F.; GUZZETTI, S.; RIMOLDI, O.; FURLAN, R.; PIZZINELLI, P.; SANDRONE, G.; MALFATTO, G.; DELL'ORTO, S.; PICCALUGA, E. Power spectral analysis of heart rate and arterial pressure variabilities as a marker of sympatho-vagal interaction in man and conscious dog. **Circulation Research**, v. 59, n. 2, p. 178-193, 1986.

PASCHOA, D. C.; COUTINHO, J. F. S.; ALMEIDA, M. B. Análise da variabilidade da frequência cardíaca no exercício de força. **Revista da Socerj**, v. 19, n. 5, p. 385-390, set. 2006.

PASCHOAL, M. A.; VOLANTI, V. M.; PIRES, C. S.; FERNANDES, F. C. Variabilidade da frequência cardíaca em diferentes faixas etárias. **Revista Brasileira de Fisioterapia**, v. 10, n. 4, p. 413-419, out./dez. 2006.

PATEL, M.; FRANSSON, P. A.; LUSH, D.; GOMEZ, S. The Effect of foam surface properties on postural stability assessment while standing. **Gait and Posture**, v. 28, p. 649-656, 2008.

PAVÃO, S. L.; ARNONI, J. L. B.; OLIVEIRA, A. K. C.; ROCHA, N. A. C. F. Impacto de intervenção baseada em realidade virtual sobre o desempenho motor e equilíbrio de uma criança com paralisia cerebral: estudo de caso. **Revista Paulista de Pediatria**, v. 32, n. 2, p. 389-394, 2014.

PEREZ, C. R.; NEIVA, J. F. O.; MONTEIRO, C. B. M. A Vivência da tarefa motora em ambiente virtual e real: estudo da devolução do saque do tênis de mesa. **Pensar a Prática**, v. 17, n. 1, p. 191-199, 2014.

PIMENTEL, K.; TEIXEIRA, K. **Virtual reality** - through the new looking glass. 2nded. New York: McGraw-Hill, 1995.

PINHEIRO, Y. T.; TEIXEIRA, D. C. R. M.; MENDONÇA, R. M.; FREIRE, B. H. F.; FREIRE, B. H. F.; VELOSO, L. S. G. Eficácia da realidade virtual sobre o equilíbrio de idosos. **Archives of Health Investigation**, v. 6, n. 2, p. 71-74, fev. 2017.

POLAR: aplicativos e serviços. **Polar V800**. Disponível em: <http://www.polar.com>. Acesso em: 15 ago. 2022.

PRADO, R. L.; VOGLER, O.; KLEINÜBING, M.; SOBREIRA, C. R.; CARVALHO, J. L. A.; SOUZA, F. B.; OZÓRIO, R. A. L.; MARTINS, R. Á. B. L. **Análise espectral da variabilidade da frequência cardíaca no exercício leve e intenso em atletas de futsal**. In: ENCONTRO LATINO AMERICANO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E IV ENCONTRO AMERICANO DE PÓS-GRADUAÇÃO, 7., 2016, São José dos Campos. **Anais [...]**. São José dos Campos: Universidade do Vale do Paraíba, 2016.

PRIETO, T. E.; MYKLEBUST, J. B.; HOFFMANN, R. G.; LOVETT, E. G.; MYKLEBUST, B. M. Measures of postural steadiness: differences between healthy young and elderly adults. **IEEE Transactions on Biomedical Engineering**, v. 43, n. 9, p. 956-966, 1996.

PRUSCH, S. K. **Análise da frequência espectral na avaliação do controle postural em tarefas simples e de dupla tarefa em adultas jovens e idosas**. 2021. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2021.

RAPOSO, A. B.; MOLITERNO, A. H.; SILVA, J. P. L. N.; FABRI, R. V.; FREIRE, A. P. C. F.; PACAGNELLI, F. L. Comparação da resposta hemodinâmica entre terapia convencional

e realidade virtual em pacientes com insuficiência cardíaca internados na unidade de emergência. **Fisioterapia e Pesquisa**, v. 1, n. 29, p. 61-67, 2022.

RASSI, A. Compreendendo melhor as medidas de análise da variabilidade da frequência cardíaca. **J Diag Cardiol**. 8 ed., 2000. [Citado 2005 fev 25]. Disponível em: www.cardios.com.br/jornal-01/tese%20completa.htm.

RODRIGUES, G. P.; PORTO, C. M. Realidade virtual: conceitos, evolução, dispositivos e aplicações. **Educação**, v. 1, n. 3, p. 97-109, 2013.
DOI: <https://doi.org/10.17564/2316-3828.2013v1n3p97-109>.

ROPE STORE LIFE SPORTES. Disponível em : https://www.ropestore.com.br/bola-toning-ball-softball-2-kg-cinza-rope-store/p?gclid=CjwKCAjw-rOaBhA9EiwAUkLV4oICBm8h8nWSPlaZtoyC3TUQPNzbJioMwiLDA2BZUCzLpy0-73gKzBoCNlcQAvD_BwE. Acesso em: 22 ago. 2022.

ROQUE, J. M. A. **A Variabilidade da frequência cardíaca**. Coimbra: Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física; Universidade de Coimbra, 2009. p. 1–32.

ROSA NETO, F. **Manual de avaliação motora**. Porto Alegre: Artmed, 2002.

SANTOS, F. F.; MAGALHÃES, L. H. V. N.; SOUSA, F. A. N.; MARQUES, C. O.; TORRES, M. V.; LEAL, S. S. Análise da realidade virtual versus treino funcional na aptidão física de idosas. **Conscientiae Saúde**, v. 14, n. 1, p. 117-124, abr. 2015.
DOI: <http://dx.doi.org/10.5585/conssaude.v14n1.5294>.

SCUDELETTI, L. R.; BRANDAO, A. F.; DIAS, D. R. C.; BREGA, J. R. F. KinesiOS: a telerehabilitation and functional analysis system for post-stroke physical rehabilitation therapies. *In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTATIONAL SCIENCE AND ITS APPLICATIONS, 2021, Cagliari. Lecture Notes in Computer Science*. New York: Springer, 2021. v. 12950, p. 174-185. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-86960-1_13. Acesso em: 11 de novembro de 2022.

SERAGLIA, B.; GAMBERINI, L.; PRIFTIS, K.; SCATTURIN, P.; MARTINELLI, M.; CUTINI, S. An Exploratory fNIRS study with immersive virtual reality: a new method for technical implementation. **Frontiers In Human Neuroscience**, v. 5, Dec. 2011.
DOI: 10.3389/fnhum.2011.00176.

SHERMAN, W. R.; CRAIG, A. B. **Understanding virtual reality: interface, application, and design**. San Francisco: Elsevier, 2003.

SHOTTON, J.; FITZGIBBON, A.; COOK, M.; SHARP, T.; FINOCCHIO, M.; MOORE, R.; KIPMAN, A.; BLAKE, A. Real-time human pose recognition in parts from single depth images. 2011. Disponível em: <http://research.microsoft.com/pubs/145347/BodyPartRecognition.pdf>. Acesso em: 5 mar. 2022.

SHUMWAY-COOK, A.; WOOLLACOTT, M. H. **Controle motor: teoria e aplicações práticas**. São Paulo: Manole, 2003.

SILVA, B. R. H. R.; BARROS, M. L. N.; UCHÔA, E. P. B. L.; CARVALHO, V. C. P.; VERAS, M. E. S.; LIMA, P. L. F.; RODRIGUES, E. R. L. The Influence of virtual reality as a therapeutic tool for low back pain in young adults. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 3, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i3.13677.

SILVA, D. O.; GONÇALVES, A. V.; COSTA, M. D.; BRIANI, R. V.; FLÓRIDE, C. S.; ARAGÃO, F. A. Performance de sujeitos jovens saudáveis em um programa de treinamento em realidade virtual: efeito imediato e ao longo do tempo. **RBPFE** - Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício, v. 9, n. 51, p. 24-30, 2015.

SILVA, M. L.; FRÈRE, A. F.; OLIVEIRA, H. A. D. Desenvolvimento de jogos de computador como atividade terapêutica no tratamento de dependentes químicos. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA SAÚDE, 9., 2004, Ribeirão Preto. **Anais[...]**. Ribeirão Preto: MedSolution, 2004.

SOUZA FILHO, L. F. M. S. **Avaliação do sistema nervoso autônomo de prematuros com baixo peso a partir da análise da variabilidade da frequência cardíaca**. 2019. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2019.

SPEEDTSBERG, M. B.; CRHISTENSEN, S. B.; ANDERSEN, K. K.; BENCKE, J.; JENSEN, B. R.; CURTIS, D. J. Impaired postural control in children with developmental coordination disorder is related to less efficient central as well as peripheral control. **Gait & Posture**, v.51, p.1-6, 2017.

STAIANO, A. E.; ABRAHAM, A. A.; CALVERT, S. L. Adolescent exergame play for weight loss and psychosocial improvement: a controlled physical activity intervention. **Obesity**, v. 21, n. 3, p. 598-601, 2013.

STRAKER, L.; HOWIE, E.; SMITH, A.; JENSEN, L.; PIEK, J.; CAMPBELL, A. A crossover randomised and controlled trial of the impact of active video games on motor coordination and perceptions of physical ability in children at risk of developmental coordination disorder. **Human Movement Science**, v. 42, p. 146-160, AUG. 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.humov.2015.04.011>.

SU, H.; CHANG, K. Y.; LIN, J. Y.; CHU, H. I. Effects of training using an active video game on agility and balance. **The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v. 55, n. 9, p. 914-921, 2015.

TASK FORCE OF THE EUROPEAN SOCIETY OF CARDIOLOGY AND THE NORTH AMERICAN SOCIETY OF PACING AND ELECTROPHYSIOLOGY. Heart rate variability: standards of measurement, physiological interpretation and clinical use. **Circulation**, v. 93, n. 5, p. 1043-1065, 1996.

TEO, W. P.; MUTHALIB, M.; YAMIN, S.; HENDY, A. M.; BRAMSTEDT, K.; KOTSOPOULOS, E.; PERREY, S.; AYAZ, H. Does a combination of virtual reality, neuromodulation and neuroimaging provide a comprehensive platform for neurorehabilitation? – A Narrative review of the literature. **Frontiers in Human Neuroscience**, v. 10, June 2016. Doi: 10.3389/FNHUM.2016.00284.

TORI, R.; KIRNER, C. Fundamentos da realidade virtual. *In*: TORI, R.; KIRNER, C.; SISCOOTTO, R. (Ed.). **Fundamentos e tecnologia de realidade virtual e aumentada: pré-simpósio - VIII symposium on virtual reality**. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2006. Cap. 1, p. 2-22.

VAN GOG, T.; PAAS, F.; MARCUS, N.; AYRES, P.; SWELLER, J. The Mirror neuron system and observational learning: Implications for the effectiveness of dynamic visualizations. **Educational Psychology Review**, v. 21, n. 1, p. 21-30, 2009.

VANDERLEI, L. C. M.; PASTRE, C.M.; HOSHI, R.A.; CARVALHO, T.D.; GODOY, M.F. Noções básicas de variabilidade da frequência cardíaca e sua aplicabilidade clínica. **Revista Brasileira Cirurgia Cardiovascular**, v. 24, n. 2, p. 205–217, 2009.

VENEROSO, A. F. V.; SEGUNDO, A. W.; GODOI, D. Underlying physiological and biomechanical mechanisms related to postural control of Parkour practitioners: a pilot study. **Brazilian Journal of Motor Behavior**, v. 15, n. 2, P. 65-78, 2021.

VIANA, C. C. M.; MANDELLI, J. T.; SCHUSTER, R. C.; GIACOMET, D. Efeitos da realidade virtual em crianças com sobrepeso. **Revista Interdisciplinar Ciências Médicas**, v. 1, n. 2, p. 86-93, 2017.

VIEIRA, M. F.; AVELAR, I. S.; SILVA, M. S.; SOARES, V.; COSTA, P. H. L. Effects of four days hiking on postural control. **PLoS ONE**, v. 10, n. 4, Apr. 2015. DOI: 10.1371/journal.pone.0123214.

VIEIRA, T. M. M.; OLIVEIRA, L. F.; NADAL, J. An Overview of age-related changes in postural control during quiet standing tasks using classical and modern stabilometric descriptors. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v. 19, n.6, Dec. 2009. DOI: 10.1016/j.jelekin.2008.10.007.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Obesity: preventing and managing the global epidemic**. Report of a World Health Organization consultation. Geneva: World Health Organization, 2000. (WHO Obesity Technical Report Series, n. 894). Disponível em: http://www.who.int/nutrition/publications/obesity/WHO_TRS_894/en/. Acesso em: 14 de junho de 2014.

YOU, S. H.; JANG, S. H.; KIM, Y. H.; KWON, Y. H.; BARROW, I.; HALLETT, M. Cortical reorganization induced by virtual reality therapy in a child with hemiparetic cerebral palsy. **Developmental Medicine and Child Neurology**, v. 47, n. 9, p. 628-635, Sept. 2005.

YOUTUBE. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=S2syw-z1yW8>. Acesso em: 10 ago. 2022a.

YOUTUBE. Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=j4jDT1yJr0M>. Acesso em: 10 ago. 2022b.

YOUTUBE. Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=rA0WE9vccXQ>. Acesso em: 10 ago. 2022c.

YOUTUBE. Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=vuEe9B7Lyc0>.
Acesso em: 10 ago. 2022d.

ZATSIORSKY, V. M.; DUARTE, M. Instant equilibrium point and its migration in standing tasks: rambling and trembling components of the stabilogram. **Motor Control**, v.3, p. 28-38, 1999.

ZATSIORSKY, V. M.; DUARTE, M. Rambling and trembling in quiet standing. **Motor Control**, v. 4, p. 185-200, 2000.

APÊNDICES

APÊNDICE A – TCLE

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

(Resolução 466/2012 do CNS)

Você está sendo convidado (a) para participar da pesquisa “Influência da prática com realidade virtual no controle postural de adultos jovens”, que tem como pesquisadora responsável a Profa. Dra. Daniela Godoi Jacomassi, docente do Departamento de Educação Física e Motricidade Humana (DEFMH) da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar).

A sua participação é voluntária, isto é, a qualquer momento você pode desistir de participar e retirar seu consentimento. A sua recusa ou desistência não lhe trará nenhum prejuízo, seja em sua relação ao pesquisado ou à UFSCar.

O objetivo deste estudo é investigar os efeitos da prática com realidade virtual e da prática real no controle postural de adultos jovens. Haverá um grupo denominado Realidade Virtual (RV), que realizará jogos tais como boliche, tênis de mesa, etc com o equipamento Xbox 360 Kinect™ Sports; e um outro grupo, denominado de Prática Real (PR), que realizará sessões de prática real dos mesmos jogos realizados pelos participantes do grupo VR.

A sua participação consiste na realização de avaliação do controle postural e de sessões de prática. Para a avaliação do controle postural, você deverá permanecer em pé com os braços posicionados ao lado do corpo em diferentes condições (olhos abertos, olhos fechados, pés afastados na largura dos ombros ou posicionados um à frente do outro, e sobre uma espuma). Esta avaliação terá duração de aproximadamente 30 minutos e será realizada em três momentos: antes (Teste 1 – T1), após (Teste 2 – T2), e após uma semana (Teste de Retenção - TR) do término de um período de prática (real ou com realidade virtual). As sessões de prática (RV ou PR) terão duração de 6 semanas, com frequência de 3 sessões de 30 minutos por semana, totalizando 18 sessões. Tanto as avaliações quanto as sessões de prática serão realizados no DEFMH da UFSCar.

Os resultados obtidos nas avaliações serão tratados de forma anônima e confidencial, ou seja, em nenhum momento será divulgado seu nome em qualquer fase do estudo. Quando for necessário exemplificar determinada situação, sua privacidade será assegurada. Os dados coletados poderão ter seus resultados divulgados em eventos, revistas e/ou trabalhos científicos.

Os riscos decorrentes da sua participação neste projeto são: cansaço decorrente da realização dos testes e das sessões de prática; estresse ou insatisfação frente à eventual resultado ruim em algum dos testes ou durante as sessões prática; escoriações em virtude de possíveis quedas durante a realização das sessões de prática. Caso algumas dessas possibilidades ocorram, você será atendido (a) no que for necessário e, se assim desejar, poderá interromper e retomar quando julgar apropriado.

Você não terá nenhum custo ou compensação financeira ao participar do estudo. Entretanto, todas as despesas com o transporte e a alimentação decorrentes da sua participação na pesquisa, quando for o caso, serão ressarcidas no dia da coleta. Você terá direito a indenização por qualquer tipo de dano resultante da sua participação na pesquisa.

O desenvolvimento desta pesquisa e a sua participação não proporcionarão quaisquer benefícios diretos, visto que os benefícios da sua participação nesta pesquisa são indiretos, relacionados à contribuição para a ampliação do conhecimento sobre efeitos da prática com realidade virtual sobre o controle postural de adultos jovens.

Você receberá uma via deste termo, rubricada em todas as páginas por você e pelo pesquisador, no qual consta o telefone e o endereço do pesquisador principal. Você poderá tirar suas dúvidas sobre o projeto e sua participação agora ou a qualquer momento.

Profa. Dra. Daniela Godoi Jacomassi
DEFMH/UFSCar
danielagodoij@gmail.com / (16) 3306-6469

Eu, _____, declaro que entendi os objetivos, riscos e benefícios de minha participação na pesquisa e concordo em participar. O pesquisador me informou que o projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos da UFSCar que funciona na Pró-Reitoria de Pesquisa da Universidade Federal de São Carlos, localizada na Rodovia Washington Luiz, Km. 235 - Caixa Postal 676 - CEP 13.565-905 - São Carlos - SP – Brasil. Fone (16) 3351-8028. Endereço eletrônico: cephumanos@ufscar.br

São Carlos, ____ de _____ de _____.

Assinatura do Participante

APÊNDICE B- QUESTIONÁRIO PARA VOLUNTÁRIO DA PR

Nome: _____

Data de Nascimento: _____ Idade _____ Peso: _____ Altura: _____

1. Pratica exercício de forma regular? Sim () Não ()

a) Com que frequência na semana?

Todos os dias () Maioria dos dias () Minoria dos dias () Um dia ()

2. Já jogou Boliche? Sim () Não ()

a) Se sim, há quanto tempo?

Menos de uma semana () Menos de um mês () Mais de meses () Mais de anos ()

b) Se menos de uma semana, com que frequência?

Todos os dias () Maioria dos dias () Minoria dos dias () Uma vez ()

3. Já jogou Tênis de Mesa? Sim () Não ()

a) Se sim, há quanto tempo?

Menos de uma semana () Menos de um mês () Mais de meses () Mais de anos ()

b) Se menos de uma semana, com que frequência?

Todos os dias () Maioria dos dias () Minoria dos dias () Uma vez ()

3. Já fez algum tipo de dança? Sim () Não ()

a) Se sim, há quanto tempo?

Menos de uma semana () Menos de um mês () Mais de meses () Mais de anos ()

b) Se menos de uma semana, com que frequência?

Todos os dias () Maioria dos dias () Minoria dos dias () Uma vez ()

APÊNDICE C- QUESTIONÁRIO PARA VOLUNTÁRIO DA RV

Nome: _____

Data de Nascimento: _____ Idade _____ Peso: _____ Altura: _____

- Pratica exercício de forma regular? Sim () Não ()

- Com que frequência?

Todos os dias () Maioria dos dias () Minoria dos dias () Um dia ()

- Já jogou Xbox 360° Kinect™? Sim () Não ()

- Se sim, há quanto tempo?

Menos de uma semana () Menos de um mês () Mais de meses () Mais de anos ()

- Se menos de uma semana, com que frequência?

Todos os dias () Maioria dos dias () Minoria dos dias () Uma vez ()

ANEXOS

ANEXO A – Aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa da UFSCar



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Influência da prática com realidade virtual no controle postural de adultos jovens

Pesquisador: Daniela Godoi Jacomassi

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 28448920.8.0000.5504

Instituição Proponente: Universidade Federal de São Carlos/UFSCar

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 3.852.153

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

SAO CARLOS, 20 de Fevereiro de 2020

Assinado por:
ADRIANA SANCHES GARCIA DE ARAUJO
(Coordenador(a))

Endereço: WASHINGTON LUIZ KM 235

Bairro: JARDIM GUANABARA

UF: SP

Município: SAO CARLOS

CEP: 13.565-905

Telefone: (16)3351-9685

E-mail: cephumanos@ufscar.br