

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ – *CAMPUS* DE  
FRANCISCO BELTRÃO, CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE,  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU* EM CIÊNCIAS  
APLICADAS À SAÚDE – NÍVEL MESTRADO

**Fernando Bednarski**

**ANÁLISE DA EFICÁCIA DO USO DE ACELERÔMETRO PARA  
MONITORAR OS MOVIMENTOS DO CORPO DURANTE EXERCÍCIOS  
EM EQUIPAMENTOS AO AR LIVRE.**

FRANCISCO BELTRÃO – PR  
AGOSTO DE 2024

**FERNANDO BEDNARSKI**

**Análise da eficácia do uso de acelerômetro para monitorar  
os movimentos do corpo durante exercícios  
em equipamentos ao ar livre.**

DISSERTAÇÃO apresentada ao Programa de Pós-graduação *Stricto Sensu* em Ciências Aplicadas à Saúde – nível Mestrado, do Centro de Ciências da Saúde, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciências Aplicadas à Saúde.

Área de concentração: Ciências da Saúde.

Orientador: Prof. Dr. Wu Feng Chung.

Co-orientadora: Profa. Dra. Hwei Diana Lee.

FRANCISCO BELTRÃO – PR  
AGOSTO DE 2024

Bednarski, Fernando

ANÁLISE DA EFICÁCIA DO USO DE ACELERÔMETRO PARA MONITORAR OS MOVIMENTOS DO CORPO DURANTE EXERCÍCIOS EM EQUIPAMENTOS AO AR LIVRE. / Fernando Bednarski; orientador Wu Feng Chung; coorientadora Huei Diana Lee. -- Francisco Beltrão, 2024.  
77 p.

Dissertação (Mestrado Acadêmico Campus de Francisco Beltrão) -- Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Centro de Ciências da Saúde, Programa de Pós-Graduação em Ciências Aplicadas à Saúde, 2024.

1. Acelerometria. 2. Saúde coletiva. 3. Cinemática. 4. Atividade física. I. Chung, Wu Feng, orient. II. Lee, Huei Diana, coorient. III. Título.

FOLHA DE APROVAÇÃO

FERNANDO BEDNARSKI

**Análise da eficácia do uso de acelerômetro para monitorar os movimentos do corpo durante exercícios em equipamentos ao ar livre.**

Essa dissertação foi julgada adequada para obtenção do título de Mestre em Ciências Aplicadas à Saúde e aprovada em sua forma final pelo(a) Orientador(a) e pela Banca Examinadora.

**BANCA EXAMINADORA**

Orientador: Prof. Dr. Wu Feng Chung  
UNIOESTE

Membro da banca: Profa. Dra. Franciele Caovilla Folador  
UNIOESTE

Membro da banca: Prof. Dr. Weber Shoity Rezende Takaki  
UNILA

FRANCISCO BELTRÃO, PR  
AGOSTO/2024

## AGRADECIMENTOS

Agradeço aos participantes deste estudo, que participaram de forma voluntária da nossa pesquisa.

Ao amigo Alexandre Peiter Ferraz (LABI) pelas orientações e auxílios em ocasiões que necessitavam de especialistas na área de computação.

A professora e co-orientadora Dra. Huei Diana Lee, estando sempre de maneira indireta auxiliando e orientando neste trabalho.

Ao professor Dr. Wu Feng Chung, meu sentimento de gratidão é eterno. Suas sábias palavras, orientações, educação e paciência, nos ensina valores que vão além do estudo. Professor Wu é luz nossas vidas.

Durante essa fase de estudo me deparei com momentos marcantes em minha vida, ao ser pai e perder meu último pai, meu Avô. Antônio (filho) veio para nós alegrar e meu maior conselheiro nos deixou com a dignidade e coragem que sempre nos demonstrou. Avô Antelvo (*in memoriam*) obrigado pelo incentivo sempre.

A minha família minha mãe Roseli e meu pai Alóis (*in memoriam*), meus irmãos Franciela e Felipe. Obrigado eu amo vocês.

Minha esposa Anne, pelo amor e apoio incondicional depositado. Sua paciência, respeito, dedicação e compreensão me motiva e faz de mim uma pessoa melhor a cada dia.

Obrigado aos professores da Unioeste do PPGCAS a todos os envolvidos de forma direta ou indireta.

## DEDICATÓRIA

Diz-me e eu esquecerei;  
Ensina-me e eu lembrar-me-ei;  
Envolve-me e eu aprenderei.  
Provérbio Chinês

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Exemplo de Academia ao Ar Livre.....	16
Figura 2 – Manual <i>online</i> Simulador Cavalgada.....	20
Figura 3 – Manual <i>online</i> Simulador Esqui .....	20
Figura 4 – Manual <i>online</i> Pressão de Pernas .....	21
Figura 5 – Manual <i>online</i> Simulador de Caminhada .....	21
Figura 6 – Manual <i>online</i> Surf Duplo .....	22
Figura 7 – Manual <i>online</i> Simulador de Remo .....	22
Figura 8 – Manual <i>online</i> Rotação Vertical Dupla.....	23
Figura 9 – Manual <i>online</i> Rotação Diagonal Dupla.....	23
Figura 10 – Manual <i>online</i> Alongador.....	24
Figura 11 – Eixos em <i>smartphone</i> usando sensor acelerômetro.....	27
Figura 12 – Leiaute de duas telas do aplicativo SMMAR-T.....	31
Figura 13 – Representação dos eixos do acelerômetro no SMMAR-T.....	31
Figura 14 – Imagem de calibração do movimento presente no SMMAR-T.....	32
Figura 15 – Posicionamento da câmera e do sujeito em ApAAL 1.....	33
Figura 16 – Posicionamento da câmera e do sujeito em ApAAL 2.....	34
Figura 17 – Posicionamento da câmera e do sujeito em ApAAL 3.....	35
Figura 18 – Resultado em formato txt. apresentado pelo SMMAR-T no processamento realizado para definição de movimento padrão em angulação de 100%.....	36
Figura 19 - Leiaute tela de calibração em 70% do movimento padrão no eixo z, SMMAR-T.....	37
Figura 20 – Pareamento de ajustes entre curvas padrão e experimental em SMMAR-T.....	38
Figura 21 – Resumo etapas utilizadas para coleta de dados.....	39

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Fatores considerados para seleção e compra de ApAALs.....	18
Tabela 2 - Temas de planos de atividades cadastrados em SMMAR-T e utilizados para cada coleta por indivíduo.....	30

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ApAALs	Aparelhos de Academia ao Ar Livre
SMMAR-T	Sistema de Monitoramento de Movimentos e Análise Remota em Telemedicina
AAL	Academia ao Ar Livre
AC	Acelerômetro
UNIOESTE	Universidade Estadual do Oeste do Paraná
LABI	Laboratório de Bioinformática
SOPARC	Sistema de Observação de Brincadeiras e Recepção em Comunidades
NPPF	<i>Nationwide Physical Fitness Program</i>
UNIMED	Confederação Nacional das Cooperativas Médicas
SUS	Sistema Único de Saúde
AF	Atividade Física
ACSM	<i>American College of Sports Medicine</i>
AHA	<i>American Heart Association</i>
IMU	Unidade Movimento Inercial
FNEO	Faixa de Neoprene
R <sup>2</sup>	Coeficiente de Determinação
AP	Aparelho
SS	Sem som
CS	Com som
ATI	Academia da Terceira Idade
M	Metros
S <sup>2</sup>	Segundos ao Quadrado
US\$	Dólar americano
OFE	Outdoor fitness equipment

# **Análise da eficácia do uso de acelerômetro para monitorar os movimentos do corpo durante exercícios em equipamentos ao ar livre.**

## **Resumo**

A inatividade física é um dos relevantes problemas de saúde pública, pois esta característica repercute diretamente na geração e elevação de casos de enfermidades nas esferas privadas e públicas, e, conseqüentemente, reflete no aumento de gastos públicos. Neste aspecto, para contribuir na prevenção e na redução do quadro de sedentarismo, governantes do mundo inteiro têm realizado diversas ações, sendo uma destas a implantação de academias ao ar livre. No entanto, apesar da importância desses projetos, não estão disponíveis nestes locais, profissionais especializados e qualificados para orientar o uso adequado dos diversos aparelhos, e, neste cenário, exercícios realizados de modo errôneo podem acarretar efeitos prejudiciais aos indivíduos que os executam. Sob esse escopo, este trabalho teve como objetivo realizar o monitoramento e a análise do perfil biomecânico dos movimentos de segmentos corporais de sujeitos hígidos durante exercícios em aparelhos de academia ao ar livre (ApAALs). Para isso utilizou-se o acelerômetro e o aplicativo computacional Sistema de Monitoramento de Movimentos e Análise Remota em Telemedicina (SMMAR-T) com alerta sonoro para a coleta e a análise dos dados biomecânicos, sendo ambos aparatos presente e instalado, respectivamente, no *smartphone*. Doze indivíduos saudáveis, divididos em três grupos com quatro sujeitos cada, sendo Grupos 1 (G1), 2 (G2) e 3 (G3), representados, respectivamente, por indivíduos de 18 a 25 anos, de 30 a 40 anos e de 50 a 60 anos. A ausência de lesões ou de enfermidades nos participantes é determinada por declaração escrita pelo sujeito participante e confirmada pelos procedimentos semiotécnicos realizados pelo pesquisador fisioterapeuta. Depois destes procedimentos, os dados biomecânicos dos movimentos dos segmentos corporais realizados durante os exercícios nos ApAALs selecionados eram coletados. Primeiramente, cada indivíduo realizou movimentos de 100% de amplitude de deslocamento para cada ApAALs escolhido pelo profissional. Assim feito, calculou-se duas situações, ou seja, 20% e 70% de deslocamento a partir do movimento integral de 100%. Determinados estes valores

angulares, cada sujeito realizou três séries de 10 ciclos de repetições para cada modalidade de aparelho, sendo com a presença de som para alertar o momento que atingiu o deslocamento desejado pelo profissional especialista e sem a presença de som. Depois destes processos, estes atributos capturados pelo aplicativo foram compilados para determinar gráficos *Aceleração versus Tempo* e, automaticamente pelo aplicativo, para *Deslocamento versus Tempo*, e as grandezas físicas como velocidade, deslocamento, precisão e acurácia dos deslocamentos, eram analisadas. Por meio do aplicativo SMMAR-T, os padrões de normalidade dos movimentos característicos de cada ApAAls realizados pelos indivíduos hígidos, assim como a efetividade alcançada quando comparados os movimentos com e sem alerta sonora dos movimentos corporais solicitados pelo especialista da saúde foram determinados, acompanhados e analisados. Por meio das análises, as alertas sonoras elevaram a efetividade e a precisão dos movimentos desejados. Com isso, acredita-se que a realização de exercícios propostos pelo profissional da saúde, poderão ser praticados com maior efetividade e segurança.

**Palavras-chave:** Acelerometria, Saúde coletiva, Atividade física, Cinemática.

## **Analysis and monitoring of body segments performed on gym equipment using an accelerometer.**

### **Abstract**

Physical inactivity is a major public health problem, as it has a direct impact on the generation and increase in cases of illness in the private and public spheres, and consequently on the increase in public spending. In this respect, in order to help prevent and reduce sedentary lifestyles, governments around the world have taken various actions, one of which is to set up outdoor gyms. However, despite the importance of these projects, specialized and qualified professionals are not available in these places to guide the proper use of the various devices and, in this scenario, exercises performed incorrectly can have harmful effects on the individuals who perform them. The aim of this study was to monitor and analyze the biomechanical profile of the movements of the body segments of healthy subjects while exercising on Outdoor fitness equipment (OFE). To do this, the accelerometer and the computer application Sistema de Monitoramento de Movimentos e Análise Remota em Telemedicina (SMMAR-T) with sound alert were used to collect and analyze the biomechanical data, both devices being present and installed on the *smartphone* respectively. Twelve healthy individuals were divided into three groups with four subjects each: Groups 1 (G1), 2 (G2) and 3 (G3), represented by individuals aged 18 to 25, 30 to 40 and 50 to 60, respectively. The absence of injuries or illnesses in the participants is determined by a written declaration by the subject and confirmed by semi-technical procedures carried out by the physiotherapist researcher. After these procedures, the biomechanical data of the movements of the body segments performed during the exercises in the selected OFE was collected. First, each individual performed movements of 100% range of motion for each OFE chosen by the professional. This was done by calculating two situations, that is 20% and 70% displacement from the integral movement of 100%. Once these angular values had been determined, each subject performed three sets of 10 repetition cycles for each type of apparatus, with the presence of sound to alert them when they had reached the displacement desired by the professional specialist and without the presence of sound. After these processes, these attributes captured by the application were compiled to determine Acceleration *versus* Time graphs and, automatically by the

application, for Displacement *versus* Time, and the physical quantities such as speed, displacement, precision and accuracy of the displacements were analyzed. The SMMAR-T application was used to determine, monitor and analyze the normality of the characteristic movements of each ApAAIs performed by the healthy individuals, as well as the effectiveness achieved when comparing the movements with and without sound alerts of the body movements requested by the health specialist. Through analysis, the sound alerts increased the effectiveness and precision of the desired movements. With this, it is believed that the exercises proposed by the health professional can be practiced with greater effectiveness and safety.

**Keywords:** Accelerometry, Public health, Physical activity, Kinematics.

# SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO GERAL.....</b>	<b>14</b>
1.1 Revisão bibliográfica .....	16
1.1.1 Academia ao ar livre .....	16
1.1.2 Tipos de aparelhos.....	18
1.1.3 Atividade Física .....	25
1.1.4 Acelerômetro .....	27
<b>2. OBJETIVO.....</b>	<b>28</b>
<b>3. METODOLOGIA.....</b>	<b>29</b>
3.1. Local da experimentação.....	29
3.2. Seleção dos sujeitos.....	30
3.3. Utilização do acelerômetro.....	30
3.4. Etapas experimentais.....	34
<b>4. REFERÊNCIAS .....</b>	<b>41</b>
<b>5. ARTIGO CIENTÍFICO.....</b>	<b>51</b>
<b>6. ANEXOS .....</b>	<b>69</b>
6.1. Termo Consentimento Livre Esclarecido.....	69
6.2. Protocolo Coleta de Dados.....	71
6.3. Parecer Consubstanciado do CEP.....	74
6.4. Comprovante de submissão na Revista Brazilian Journal of Physical Therapy.....	75
6.5. Manuscript Draft.....	76

## 1. INTRODUÇÃO

As atividades e exercícios físicos são exercidos com finalidades de manutenção da saúde, elevação de produtividade profissional, preservação ou aumento da força muscular, flexibilidade corporal, melhoria da coordenação motora e sensorial, assim como, promover o bem-estar psicológico entre outros aspectos não menos importantes (FREIRE *et al.*, 2014; OPAS, 2020). Nesse contexto, doenças e mortes poderiam ser evitadas pela prática regular destas atividades e a Organização Mundial da Saúde lançou novas diretrizes que estimulam e recomendam às pessoas, de todas as faixas etárias em atividade, a praticarem de 150 a 300 minutos de exercícios por semana (OPAS, 2020). Ainda é digno de nota que o exercício físico colabora não somente na preservação da saúde, mas também repercute no controle de doenças como as cardiovasculares, as metabólicas e os osteoarticulares (SILVA *et al.*, 2010; COHEN *et al.*, 2012; DUARTE *et al.*, 2013; COHEN, 2016; KOLCHRAIBER *et al.*, 2018; COSTA *et al.*, 2020).

Atualmente, a inatividade física é um dos relevantes problemas de saúde pública e repercute diretamente na elevação de gastos públicos na ordem de US\$ 54 bilhões em assistência médica e US\$ 14 bilhões em perda de produtividade (OPAS, 2020). Com isso, para contribuir na prevenção e redução deste cenário, governantes do mundo inteiro têm realizado ações diversas, sendo uma dessas a implantação de academias ao ar livre (AALs). No Brasil, aproximadamente 7.500 AALs foram instaladas em mais de 2.000 municípios para incentivar atividade física (ESTEVES *et al.*, 2012; MATHIAS *et al.*, 2019).

Uma AAL é caracterizada por infraestrutura existente em locais públicos como parques, praças ou locais abertos de fácil acesso, e compostas por conjunto de aparelhos (ApAALs) ou estações de exercícios resistentes às condições climáticas diversas e que auxiliam os indivíduos a realizarem atividades físicas (APARÍCIO, 2009; LEVINGER *et al.*, 2021).

Assim sendo, os ApAALs são máquinas que compõem as estações mecânicas com finalidades específicas de adequação e direcionamento a determinados exercícios corporais e imitam aparelhos encontrados, internamente, em academias

tradicionais e clínicas de reabilitação. Vale ressaltar que estes locais, as AALs, são de acesso gratuito ao público para exercitarem e estas instalações já demonstraram a importância nos benefícios alcançados como saúde física, psicológica e conexão social (CHOW; MOWEN; WU, 2017). Todavia, apesar da importância desses projetos, os gestores não disponibilizaram, nestes locais, de profissionais qualificados para orientar o uso adequado dos aparelhos na execução dos movimentos. Este aspecto é vital, pois exercícios realizados de modo errôneo podem acarretar efeitos prejudiciais aos indivíduos que os executam, contrapondo às finalidades propostas (BROWN; SCHEBELLA; WEBER, 2014; SOUZA *et al.*, 2014).

Sob esse escopo, novas tecnologias estão sendo desenvolvidas com a capacidade de analisar de modo dinâmico e remoto movimentos humanos, e, com isso, estratégias no processamento destes dados coletados, no local ou à distância, poderão ser traçados para facilitar e oferecer avaliações mais fidedignas dos fenômenos de deslocamentos de seres humanos, integralmente ou de partes do corpo (SASAKI *et al.*, 2017; HUEI *et al.*, 2020).

Um dos exemplos mais promissores é o uso de acelerômetros na determinação de movimentos corporais. Estes aparatos possuem a capacidade de medir as acelerações do objeto em análise. Segundo Figueiredo *et al.* (2007), essas acelerações podem ser constantes, representadas pela força de aceleração gravitacional ou dinâmicas, que representam o resultado de movimentos ou vibrações encontrados no movimento exercido por determinado objeto ao qual o sensor está acoplado. Os acelerômetros, também denominados de sensores inerciais, podem ser integrados no *smartphone* e apresentar a capacidade de fornecerem dados válidos e confiáveis durante aplicações estáticas e dinâmicas, demonstrando assim, elevada precisão e acurácia (ANTONIO; TERUYA; MOCHIZUKI, 2020).

Assim sendo, a finalidade desse projeto é analisar, controlar e monitorar os movimentos corporais de sujeitos hígidos por meio de acelerômetro e do aplicativo SMMAR-T durante os exercícios em aparelhos de academia ao ar livre, sendo os aparatos presente e instalado, respectivamente em *smartphone* (HUEI *et al.*, 2020). Com isso, acredita-se que este aspecto poderá contribuir, positivamente, para que a população possa realizar os exercícios físicos em AALs com instruções de profissionais da área de saúde à distância, propiciando o uso de ApAALs de modo

adequado, e, assim, promover a prevenção de enfermidades e assegurar a boa qualidade de vida com segurança.

## **1.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **1.1.1 Academia ao ar livre**

A Academia ao ar livre é uma infraestrutura existente em locais públicos de fácil acesso e compostas por um conjunto de aparelhos disponibilizados em estações de exercícios que auxiliam indivíduos a realizarem atividades físicas (APARÍCIO, 2009; LEVINGER *et al.*, 2021) (Figura 1).

Em meados de 1998, com o crescimento da população idosa na China, este aspecto motivou este país a aprovar a Lei da Saúde Física por meio do *Nationwide Physical Fitness Program* (NPFP). Este programa apresenta, dentre um conjunto de atividades, a instalação de equipamentos de ginástica ao ar livre em locais de grande fluxo de pessoas (CHOW *et al.*, 2013; CHOW; CHANG; FANG, 2021). Ainda em 1998, Pequim foi eleita sede das Olimpíadas, e este fato fortaleceu e acelerou ainda mais o apoio na implantação de academias ao ar livre na capital e em diversas cidade para o incentivo à prática de atividades físicas pela população chinesa (LEE; LO; HO, 2018), e vale ressaltar que somente em Pequim, mais de 4.000 AALs estão dispostas em parques e praças públicas (CHOW; CHANG; FANG, 2021).

Baseado nas características de implantação na China, em 2006 e por meio do Programa Maringá Saudável, a primeira academia ao ar livre foi instalada no Brasil com estratégia de promoção de saúde e redução de gastos públicos (ESTEVES, 2010; ANDRADE, 2017). Ainda em território nacional, o processo de implantação ocorreu de forma gradual através do desenvolvimento de políticas públicas, implementadas e coordenadas pelo Sistema Único de Saúde (SUS) (ESTEVES *et al.*, 2012; DIGITAL, 2013; GUARNIERI; CHAGAS; VIEIRA, 2018).



**Figura 1** – Exemplo de academia ao ar livre. Fonte: (Site Portal Morada, 2016).

Em cidades com alta densidade demográfica, parques públicos são especialmente valiosos porque oferecem programas gratuitos ou de baixo custo e permanecem abertos durante todo o dia, com instalações recreativas que apoiam as atividades físicas de lazer, além de otimizarem oportunidades de momentos ao ar livre e ao sol (RUNG *et al.*, 2011; LEVINGER *et al.*, 2018).

No Rio de Janeiro, a partir do ano de 2014, projetos desenvolvidos pela Secretaria especial de envelhecimento saudável e qualidade de vida, o SEMEARC (ANDRADE, 2017) proporcionaram a prática de atividades físicas ao ar livre como tai-chi-chuan, ioga e dança. Em outras cidades brasileiras, a implantação de projetos semelhantes iniciou-se a partir do ano de 2008, e eram compostas por equipamentos recomendados para pessoas acima de 12 anos (SOUZA *et al.*, 2014).

Outros diversos projetos similares aos AALs, mas com denominações próprias também foram implantadas, como as Academias da terceira idade (ATIs) e Rio ar livre (RAL), ambos no Rio de Janeiro (ANDRADE, 2017), a Unidade de atenção ao idoso (UAI) na cidade de Uberlândia (MOURA *et al.*, 2022; SILVA, 2023), o Tchê Mexe, no Rio Grande do Sul (SELA; SELA, 2012), o BH-Saúde, projeto de promoção de modos de vida saudável, em Belo Horizonte (PAULO, 2013), a CuritibaAtiva na cidade de Curitiba (SOUZA *et al.*, 2014), o Programa Agita em São Paulo (SKOWRONSKI, 2014;

ANDRADE, 2019) no qual, no ano de 2000, proporcionou ao Governo Paulistano a implantação do Programa Nacional Agita Brasil (FRAGA, 2005).

Salin e colaboradores (2014) constaram que no Brasil, até o ano de 2014, já foram implantadas mais de 7.500 AALs em mais de 2.000 municípios de diferentes regiões do país e são amplamente acessíveis, pois a instalação gratuita ao público, assim como as localizações adequadas são fatores atrativos fundamentais para a utilização destes bens públicos (SALIN, 2013; SKOWRONSKI, 2014; COPELAND *et al.*, 2017; WU *et al.*, 2019; ENSINA *et al.*, 2020).

As AALs, sob o aspecto estrutural no quesito aparelhos, apresentam-se de modo consistente para a prática de atividades físicas pelos usuários (SANTOS *et al.*, 2021), contudo, existem fatores que contribuem para a redução do uso destes locais, e entre estes estão configurados a segurança do local, as condições climáticas, a ausência de placas, na grande maioria dos locais, de instruções relacionados aos exercícios, e, a fundamental e a mais importante, a ausência de disponibilidade de profissionais habilitados nos AALs para as orientações adequadas (MCKENZIE *et al.*, 2006; PALÁCIOS *et al.*, 2009; AN; LEE; KIM, 2013; EVENSON *et al.*, 2016; LEE; LO; HO, 2018; MATHIAS *et al.*, 2019).

### **1.1.2 Tipos de aparelhos**

As dificuldades iniciais em construir ApAALs eram a inexistência de projetos nacionais e o acesso a projetos de nível internacional (SELA; SELA, 2012; OLIVEIRA *et al.*, 2017; GUARNIERI; CHAGAS; VIEIRA, 2018).

Os ApAALs pertencem à classificação de equipamentos urbanos e podem ser objetos de estudos na compreensão de momentos sociais e/ou comunitários inseridos no cotidiano da comunidade (SANTOS, 2018) e na criação e entendimento de ambientes que possibilitem maior qualidade e distribuição de espaços relacionados ao bem-estar e saúde (NEVES, 2015; CHOW; CHANG; FANG, 2021).

Na Tabela 1 estão descritas as principais recomendações para a instalação de AALs. Além dos critérios de instalação apresentadas na Tabela 1, existem diversas especificações funcionais que devem ser abordadas por meio dos ApAALs, como:

- Máquina aeróbica/cárdio dinâmica – Permite realizar movimento circular e elíptico, estimulando o sistema cardiorrespiratório. Exemplos deste tipo de

equipamentos: passarelas, bicicletas, andadores de esqui e *cross trainer* (CHOW, 2013; ANDRADE, 2017; LEVINGER *et al.*, 2021);

<p><b>Tipo de atividade física a serem praticados no ApALL.</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Movimentos do dia a dia;</li> <li>• Força Funcional;</li> <li>• Movimento articular e flexibilidade;</li> <li>• Equilíbrio;</li> <li>• Aptidão aeróbica.</li> </ul>
<p><b>Ambiente construído e localização.</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proximidade de áreas residenciais, comodidades e centros comunitários;</li> <li>• Proximidade de outras oportunidades desportivas e recreativas</li> <li>• Fácil acessibilidade;</li> <li>• Localização conjunta próxima de parques infantis.</li> </ul>
<p><b>Configuração e Superfície de solo segura.</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Áreas de descanso abrigadas;</li> <li>• Fonte de água potável;</li> <li>• Superfície antiderrapante;</li> <li>• Calçadas seguras;</li> <li>• Áreas de sombreamento.</li> </ul>
<p><b>Aumentar a participação e o envolvimento.</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Instruções claras e sinalização;</li> <li>• Rotulagem – Gráficos no local;</li> <li>• Programas e atividades organizadas;</li> <li>• Horários designados às aulas;</li> <li>• Supervisão e sessões de instrução;</li> <li>• Comunicação, marketing e informações eficazes.</li> </ul>

**Tabela 1** – Principais recomendações para instalação de AALs. Fonte: (LEVINGER, *et al.*, 2021).

- Máquina de ginástica de resistência dinâmica - Imita o equipamento convencional de ginástica interna, e visa o fortalecimento dos músculos esqueléticos. Este equipamento inclui realizar movimentos de “empurrar ou puxar” contra resistência que pode ser o peso corporal ou o peso do equipamento. Os exemplos incluem *leg press* e ombros/peitoral (CHOW, 2013; ANDRADE, 2017; LEVINGER *et al.*, 2021);
- Outros equipamentos estáticos baseados em ginástica - Incluem barras e bancos de puxar ou empurrar (Exemplo: movimentos abdominais), no qual exigem que o usuário realize as atividades contra o peso do corpo (CHOW, 2013; ANDRADE, 2017; LEVINGER *et al.*, 2021).
- Equipamentos de mobilidade e alongamento incluem estações de aparelhos que visam flexibilidade e amplitude de movimento e requerem movimento de deslizamento de partes do corpo – (Exemplos: arco de ombro/braço, torção central) (ANDRADE, 2017; LEVINGER *et al.*, 2021).

Sami e colaboradores (2020) identificaram que a inclusão de ApAALs em dois parques no Sul da Califórnia apresentaram aumento nas frequências de uso e do tempo de estimulação física nas zonas alvo que os equipamentos tinham sido instalados, além de elevação de frequentadores ao parque.

Vale ressaltar no quesito orientações, estudos realizados em Maringá divulgaram que a primeira e uma das principais empresas atuais que produzem ApAALs no Brasil se constitui no ZIOBER Brasil.

Esta companhia disponibiliza em seu site oficial um manual *online* com especificações dos músculos acionados durante uso de cada aparelho, assim como os objetivos terapêuticos e o modo de usar os equipamentos (ZIOBER, 2023).

Nas Figuras 2 a 10 estão demonstrados os principais ApAALs com as respectivas explicações funcionais musculares e o modo de utilização (ZIOBER, 2023).



Figura 2. Manual *online* Simulador de Cavalgada. Fonte: (Ziober, 2023)



Figura 3. Manual *online* Simulador de Esqui. Fonte: (Ziober, 2023)

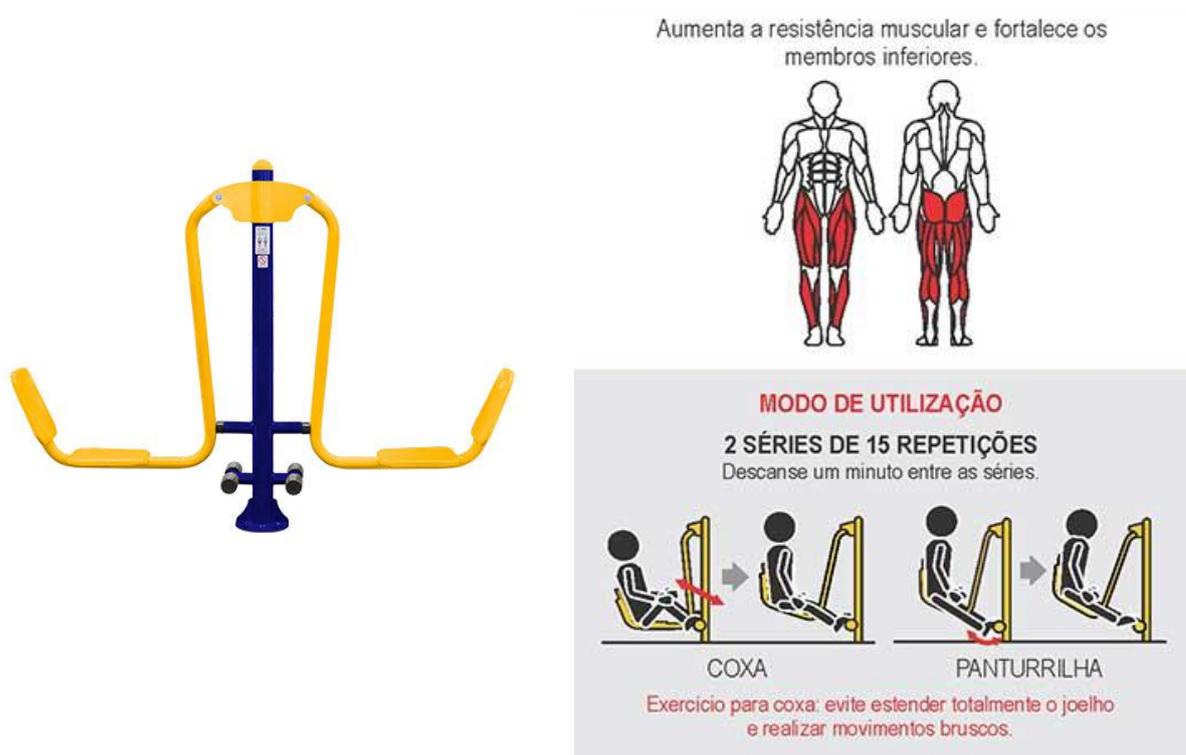


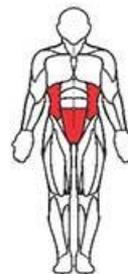
Figura 4. Manual *online* Pressão Pernas. Fonte: (Ziober, 2023)



Figura 5. Manual *online* Simulador de Caminhada. Fonte: (Ziober, 2023)



Fortalece a musculatura lateral do abdômen.



### MODO DE UTILIZAÇÃO

#### 2 SÉRIES DE 15 REPETIÇÕES

Descanse um minuto entre as séries.

Conte apenas um dos lados.

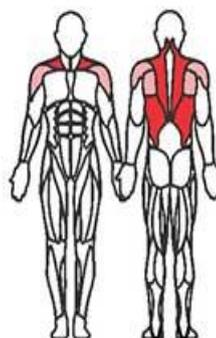
Cuidado com a amplitude e movimento somente os membros inferiores.



Figura 6. Manual *online* Surf Duplo. Fonte: (Ziober, 2023)



Aumenta a resistência muscular e fortalece as costas.



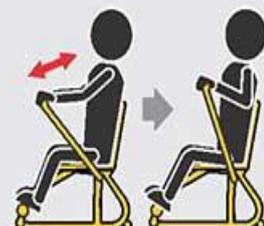
MUSCULATURA PRINCIPAL

MENOR INTENSIDADE

### MODO DE UTILIZAÇÃO

#### 2 SÉRIES DE 15 REPETIÇÕES

Descanse um minuto entre as séries.

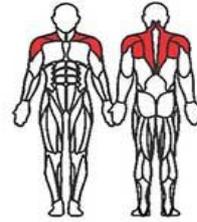


Mantenha as costas apoiadas.

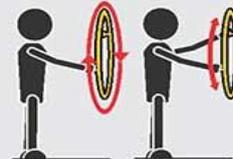
Figura 7. Manual *online* Simulador de Remo. Fonte: (Ziober, 2023)



Aumenta a flexibilidade e mobilidade da articulação do ombro.



**MODO DE UTILIZAÇÃO**



1 BRAÇO      2 BRAÇOS

**1 BRAÇO**

**2 SÉRIES DE 15 GIROS PARA CADA SENTIDO.**

**2 BRAÇOS**

**20 REPETIÇÕES (CONTE APENAS UM BRAÇO).**

Evite cruzar os braços.

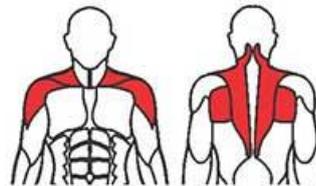
Descanse um minuto entre as séries.

Manter a coluna reta, pernas afastadas na largura do quadril e ombros relaxados.

Figura 8. Manual *online* Rotação Vertical Duplo. Fonte: (Ziober, 2023)



Melhora a flexibilidade e mobilidade da articulação dos ombros.



**MODO DE UTILIZAÇÃO**

**DUAS SÉRIES DE 15 REPETIÇÕES**  
para dentro e para fora.

Descanse um minuto entre as séries.

Mantenha a coluna alinhada, pernas abertas na largura do quadril e ombros relaxados.

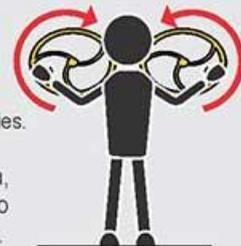
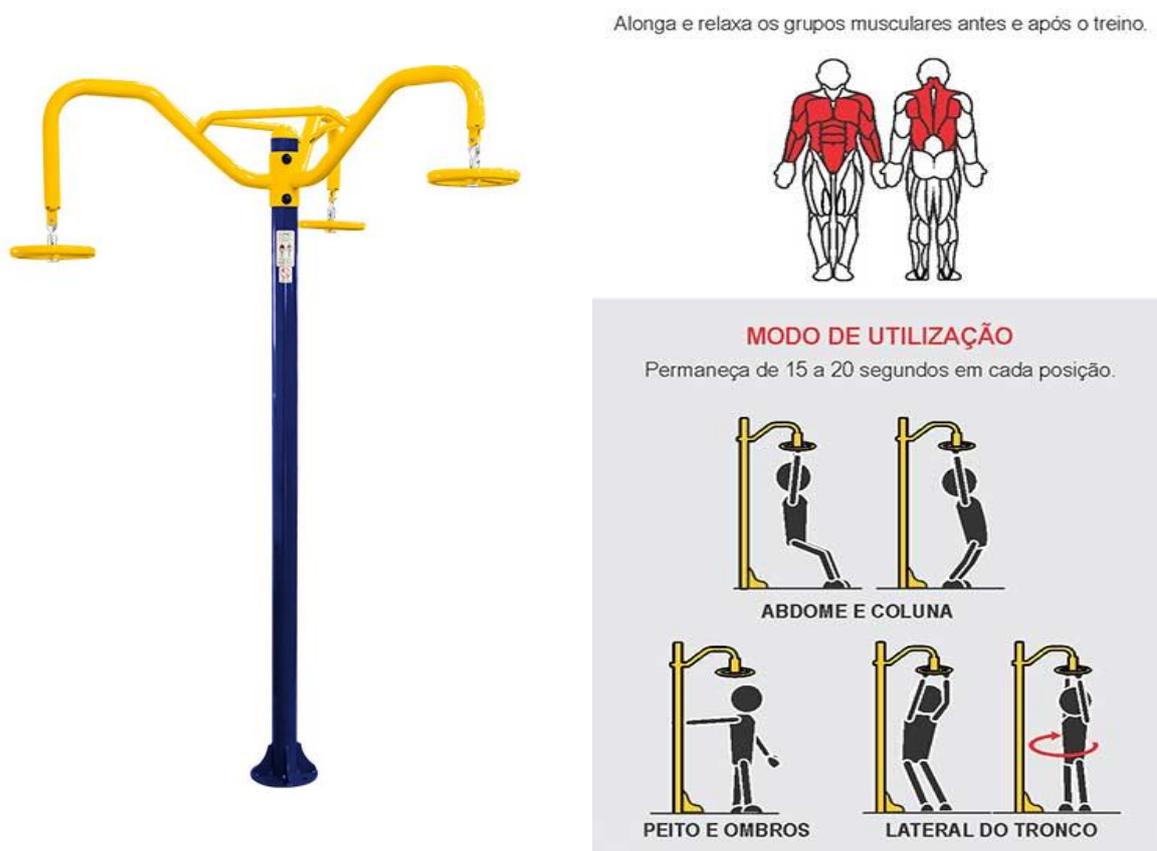


Figura 9. Manual *online* Rotação Diagonal Dupla. Fonte: (Ziober, 2023)



**Figura 10.** Manual *online* Alongador. Fonte: (Ziober, 2023)

### 1.1.3 Atividade Física

Uma boa qualidade de vida em saúde é caracterizada na capacidade de viver sem doenças ou de superar as dificuldades dos estados ou condições de morbidade (VALDÉS BADILLA *et al.*, 2019). Contudo, o tema qualidade de vida apresenta imprecisões de definições que dificultam a investigação, pois o diálogo entre as diferentes áreas que trabalham com o tema é ainda reduzido e, principalmente, a forma de aplicação do conhecimento produzido na melhoria da qualidade de vida da população são, em diversas vezes, diferentes (PEREIRA; TEIXEIRA; SANTOS, 2012; ECKSTROM *et al.*, 2020; KELLY; KELLY; KELLY, 2020).

A atividade física (AF) é definida como qualquer movimento corporal que requeira gasto energético superior ao repouso, promovendo um comportamento que envolve os movimentos voluntários do corpo com interações sociais e com o ambiente (OMS, 2010; MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2021).

Assim sendo, toda AF envolve esforço físico, e este aspecto gera respostas fisiológicas como aumento de frequências cardíacas, respiratórias, gasto energético global do corpo, percepção de esforço entre outras repercussões locais ou sistêmicas (SILVA, 2010; NAHAS, 2010).

A inatividade física é uma tendência crescente em todos os países no mundo. Essa condição originam, direta ou indiretamente, as principais causas de morte no mundo, como mortalidade prematura, surgimento de doenças cardiovasculares, diabetes melito tipo 2, alguns tipos de câncer, depressão clínica, entre muitos outros impactos negativos na vida (AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE *et al.*, 2009; SALLIS, 2012; KONTIS *et al.*, 2017; MODESTO *et al.*, 2021).

É digno de nota que a expectativa de vida da população mundial está aumentando (KONTIS *et al.*, 2017) e, assim sendo, a inatividade e os fatores sociodemográficos do envelhecimento repercutem ainda mais na origem de doenças crônicas não transmissíveis (DCNT), com dificuldade de detecção dos agentes etiológicos específicos devido aos múltiplos fatores de risco, longos períodos de latência, e por estarem associadas a deficiências funcionais (OMS, 2010).

Neste cenário, a *American College of Sports Medicine* (ACSM) e *American Heart Association* (AHA) preconizaram 150 minutos de atividade física por semana para o público idoso, 30 minutos diários de atividade física com intensidade moderada. Esta relação entre a quantidade de atividades físicas e o resultado de repercussão na saúde ou relacionado ao condicionamento físico acredita-se ser uma proporção direta de dose-resposta. Todavia, é incerta ainda qual a quantidade mínima de exercícios que cada indivíduo deve realizar para atingir benefícios à sua saúde, ou seja, relação real de causa e efeito entre a prática de AF e determinado desfecho clínico ainda necessita de mais estudos decorrente ao aspecto multivariável da questão (SAMPAIO; FARINATTI; OLIVEIRA, 2013)

Com as características anteriormente apresentadas, a adequada promoção da AF deve envolver múltiplos setores da sociedade, pois esta condição é afetada por ações do indivíduo, da comunidade, da política, incluindo áreas de planejamento urbano, de transporte, de bem-estar social e educacional (MALTA; BARBOSA DA SILVA, 2012; MODESTO *et al.*, 2021).

Em estudo conduzido por Xu e seus colaboradores (2022) com 152 participantes, estes pesquisadores demonstraram que a intervenção por um programa

com orientação e acompanhamento para atividade aeróbica é eficaz para controle de risco cardiovascular e obesidade. Esses resultados ampliaram o conhecimento prévio ao demonstrar que esse benefício também pode ser alcançado com um programa intervencionista real, prescrito individualmente e executado com supervisão limitada, que pode ser implementado em parques públicos.

#### **1.1.4 Acelerômetro**

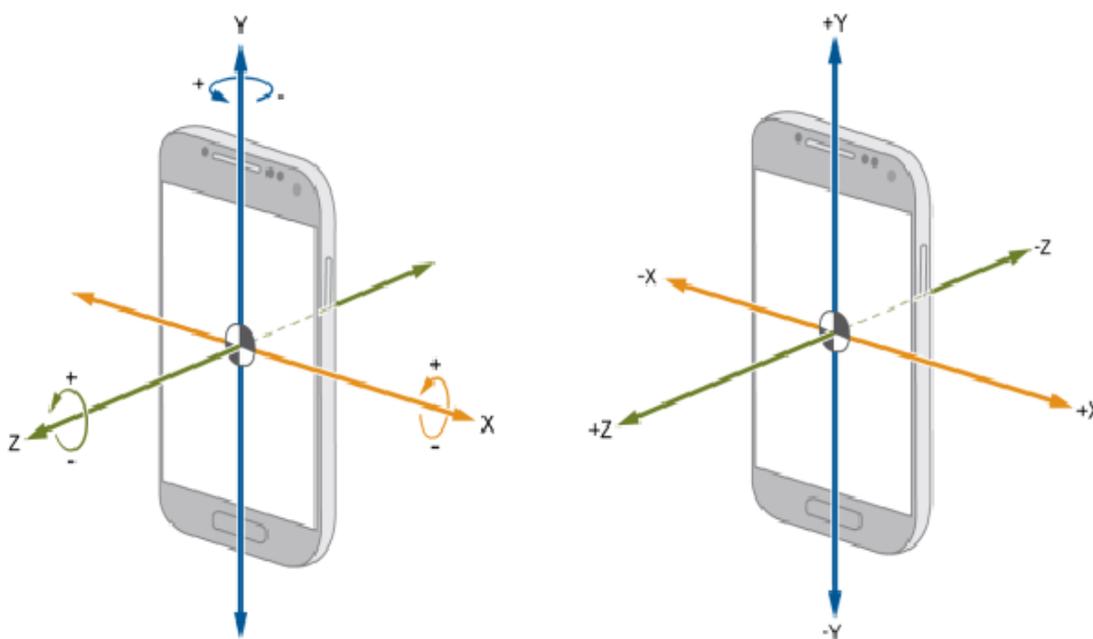
O sensor acelerômetro (AC) é um dispositivo eletromecânico capaz de medir a taxa de variação da velocidade em função do tempo e a unidade é expressa em metros por segundo elevado ao quadrado ( $m/s^2$ ) (GODFREY *et al.*, 2008; FIGUEIREDO *et al.*, 2016). Esta grandeza física apresenta diferentes tipos e é caracterizada pela aceleração centrípeta, gravitacional, tangencial e de cargas (HALLIDAY *et al.*, 2016). Todas estas modalidades de AC traduzem o sinal externo de aceleração em um deslocamento correspondente de sua massa móvel conhecida como massa inercial ou de prova (HALLIDAY *et al.*, 2016).

Atualmente, este dispositivo é amplamente comercializado com quantidade anual superior a 100 milhões de unidades e com crescimento de vendas a cada ano (KOSKIMÄKI; SIIRTOLA, 2016). Este aspecto se dá pelo fato de o AC poder ser aplicado em diferentes áreas, como esporte com monitoração de gastos energéticos e avaliação de performance dos movimentos envolvidos nos treinos. Nas áreas médicas por meio de monitorização de quedas ou em pacientes hospitalizados e acamados, na detecção de movimentos anormais provenientes de doenças neurológicas (GIACOMOSSI, 2011), nas alertas de pacientes durante episódios convulsivos (YOSHIMURA *et al.*, 2002; GIACOMOSSI, 2011) ou mesmo na identificação de padrões e alterações durante reabilitação fisioterápica de pacientes (OGATA *et al.*, 1997; YOSHIMURA *et al.*, 2003; ANTONIO; TERUYA; MOCHIZUKI, 2020). Outras aplicações do AC são na indústria automotiva utilizando-se no processo de liberação da almofada de ar (*Air-bag*) ou no controle de estabilização do veículo (MACDONALD, 1990), e, as vantagens dos acelerômetros estão o baixo consumo de energia, o volume e o peso reduzidos e a elevada resistência mecânica a choques e vibrações (MOTA, 2017).

O AC, atualmente, é encontrado de modo corriqueiro nos *smartphones*, sendo este último criado no ano de 1992 com nome de *Simon Personal Communicator*

(PATTERSON *et al.*, 2014). Além do AC, nos aparelhos celulares mais recentes estão embarcados outros componentes tecnológicos como processador de maior efetividade, chip gráfico, alcance de conectividade avançada e unidade de movimento inercial compostos por acelerômetro 3D, magnetômetro e giroscópio (KOSSE *et al.*, 2015; MOURCOU *et al.*, 2015).

Os *smartphones*, além das tecnologias anteriormente descritas, estes usam sistemas de localização e posicionamento geográfico para os aplicativos instalados em seu sistema operacional e estes aspectos permitem medir a aceleração linear e rotacional do aparelho, além da sua posição em relação ao campo gravitacional da Terra (PATTERSON *et al.*, 2014). Com isso, os sensores inerciais de um *smartphone* apresentam as seguintes informações: aceleração linear nos três eixos ortogonais (X, Y e Z) e a aceleração angular em torno destes três eixos (ANTONIO; TERUYA; MOCHIZUKI, 2020) (Figura 11).



**Figura 11** - Eixos de orientação relativos a um dispositivo *smartphone* típico de acordo com o sensor acelerômetro. Fonte: (ALRUBAN; AL-OBAIDI; CLARKE, 2022).

A representação do movimento integral do corpo humano em um ambiente requer informações de rotação, translação e orientação deste corpo no espaço. As informações disponíveis pelo sensor inercial permitem descrever estes parâmetros do corpo no espaço, porém, a medida de translação do sensor inercial e o cálculo do

deslocamento linear do instrumento no espaço são afetados pelo processo de dupla integração da aceleração linear, pois em cada integração é preciso estimar as respectivas constantes de velocidade inicial e posição inicial (FIGUEIREDO *et al.*, 2016; BIANCHIM *et al.*, 2019).

A utilização deste sensor, o AC, junto com auxílio computacional SMMAR-T, pode contribuir de modo mais efetivo na avaliação de deslocamentos como os provenientes dos aparelhos de academias ao ar livre. Além disso, o SMMAR-T com o módulo de alerta sonora poderá iniciar o processo de resolução de um problema fundamental, a falta de profissional especializado em AALs.

Sob este escopo, este trabalho está sendo desenvolvido, pois este aplicativo tem a função de quantificar, matematicamente, os movimentos realizados pelos indivíduos, além de alertar de modo sonoro as amplitudes de deslocamentos de partes do corpo e o respectivo tempo desejados previamente pelos profissionais para cada ApAALs (FERRAZ *et al.*, 2023). Com isso, os movimentos em ApAALs realizados pelos usuários terão orientação sonora dos momentos de início e de finalização de cada movimento realizado, tornando estas atividades mais adequadas e precisas.

## **2. OBJETIVO**

Analisar a efetividade do controle de movimentos do corpo de sujeitos hígidos durante atividades físicas em ApAALs com o uso de acelerômetro e de alerta sonoro do aplicativo SMMAR-T presentes em *smartphone*.

## **3. METODOLOGIA**

### **3.1. Locais da experimentação**

As coletas de dados e o monitoramento de movimentos dos sujeitos participantes foram realizadas integralmente pelo profissional fisioterapeuta responsável por esta pesquisa. Este projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa envolvendo seres humanos da Unioeste (CAAE 61025722.3.0000.0107). Os movimentos foram realizados em aparelhos de uma academia ao ar livre (ApAALs) localizado na Rua Maringá, Praça Darcy Zancan, Município de Francisco Beltrão,

Paraná, Brasil. Os dados referentes aos movimentos corpóreos dos sujeitos de pesquisa em ApAALs foram colhidos por meio de acelerômetro já presente e o aplicativo SMMAR-T, instalado, em *smartphone*. Depois desse procedimento, estas informações biomecânicas estão sendo analisadas no Laboratório de Bioinformática da Unioeste - LABI/Campus Parque Tecnológico Itaipu em Foz do Iguaçu.

### **3.2. Seleção dos sujeitos**

A casuística desse projeto foi composta por 12 sujeitos saudáveis separados em três grupos: Grupo 1 (G1) – Quatro sujeitos, sendo dois masculinos e dois femininos e com idades entre 18 e 25 anos; Grupo 2 (G2) – Quatro sujeitos, sendo dois masculinos e dois femininos e com idades entre 30 e 40 anos e Grupo 3 (G3) – Quatro sujeitos, sendo dois masculinos e dois femininos e com idades entre 50 e 60 anos. Estes indivíduos foram submetidos à anamnese e ao exame físico executado pelo próprio pesquisador, profissional fisioterapeuta, e, constatado a ausência de lesões, o protocolo experimental era continuado. Vale ressaltar que o nome de cada sujeito participante foi substituído por letras e não ocorreu em nenhum momento do projeto a revelação da identidade. Além disso, dados como idade, sexo, peso, estatura, lateralidade, modalidade profissional, tabagismo e hábito da prática de atividades físicas, assim como as medidas antropomórficas de comprimento dos membros superior e inferior e da coluna vertebral foram coletados.

### **3.4. Utilização do acelerômetro**

Neste trabalho, o acelerômetro utilizado está presente no aparelho *smartphone* da marca Samsung modelo Galaxy S10 com o aplicativo *VibSensor – Accelerometer recorder, Now Instruments and Software, Inc.*

O posicionamento do aparato telefônico é feito de acordo com o movimento a ser realizado no ApAALs, sendo este fixado por meio do uso de suporte específico de Neoprene® com tira de velcro com acessibilidade para possíveis ajustes (FNEO).

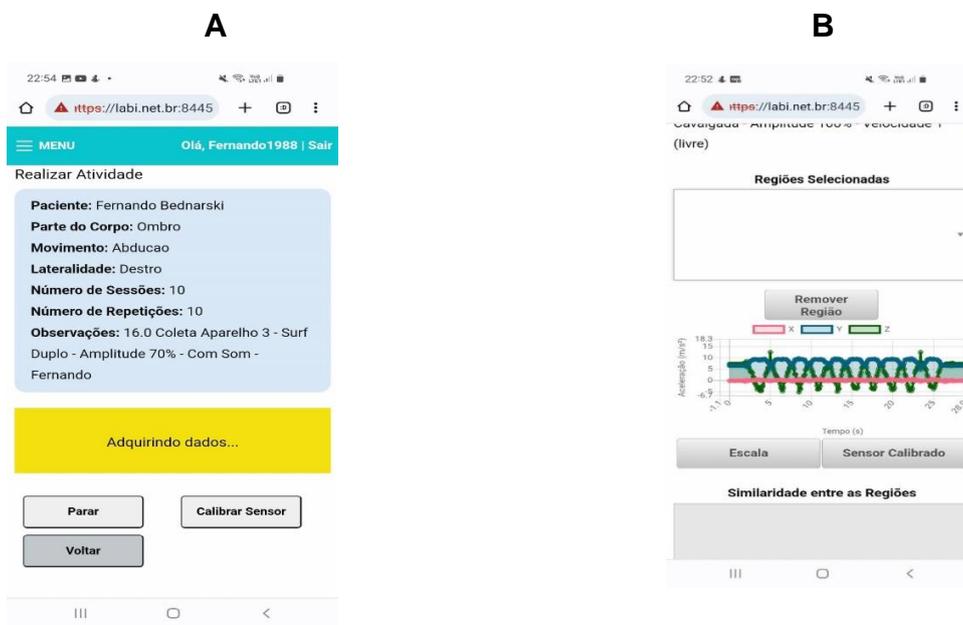
No *smartphone* era instalado, previamente, o Sistema de monitoramento de movimentos e análise remoto em telemedicina SMMAR-T (WU *et al.*, 2019; ENSINA *et al.*, 2020) demonstrado na Figura 12 os exemplos de leiautes de telas do sistema durante uso e coleta de dados.

Com o SMMAR-T, o pesquisador realiza o cadastramento dos sujeitos participantes seguindo procedimentos operacionais do sistema e com a seguinte ordem de cadastro: consulta médica, criação de planos de atividades para cada sujeito com denominação para cada aparelho *versus* movimento, e estas etapas estão descritas na Tabela 2. Além disso, consecutivamente, realizou-se o acompanhamento do exercício do indivíduo em tempo real para posterior segmentação e análise de regiões específicas das curvas obtidas das atividades que são demonstradas na Figura 14 o leiaute de tela exemplificativa de acompanhamento de movimento em tempo real com acesso via receptor notebook e um trecho de demarcação de segmento na curva de interesse para posterior análise pelo SMMAR-T. Ao paciente é destinada a colaboração de autenticação, consulta do plano de atividades e a realização do exercício, segundo orientações concebidas do profissional pesquisador.

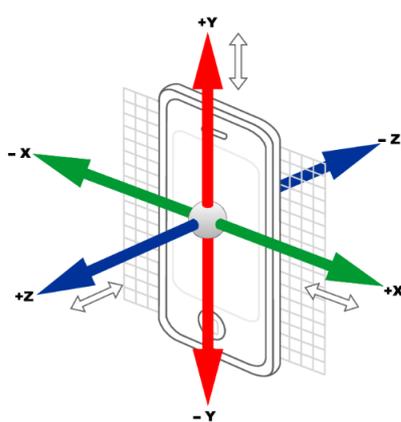
Número	ApAALs	Amplitude	Controle	Eixo
1	Simulador de Cavalgada	100%	Tempo	Z
2	Simulador de Esqui	100%	Tempo	X
3	Pressão de Pernas	100%	Tempo	X
<b>Processamento Curvas Padrão por ApAAL x Sujeito</b>				
1.0	Simulador de Cavalgada	20%	Sem Som	Z
2.0	Simulador de Cavalgada	20%	Com Som	Z
3.0	Simulador de Cavalgada	70%	Sem Som	Z
4.0	Simulador de Cavalgada	70%	Com Som	Z
5.0	Simulador de Esqui	20%	Sem Som	X
6.0	Simulador de Esqui	20%	Com Som	X
7.0	Simulador de Esqui	70%	Sem Som	X
8.0	Simulador de Esqui	70%	Com Som	X
9.0	Pressão de Pernas	20%	Sem Som	X
10.0	Pressão de Pernas	20%	Com Som	X
11.0	Pressão de Pernas	70%	Sem Som	X
12.0	Pressão de Pernas	70%	Com Som	X

**Tabela 2** – Planos de atividades cadastrados em SMMAR-T e utilizados para cada coleta por indivíduo (Coleta de amplitude de 100%, depois, de 20% e 70%).

Com a função do SMMAR-T, a aceleração é registrada nos três planos ortogonais por meio dos respectivos eixos, sendo X direção medial lateral, Z anterior posterior e Y superior inferior (Figura 13). Com isso, de modo automático, a função Aceleração vs. Tempo é convertida para Deslocamento angular vs. Tempo.



**Figura 12** - Leiaute de duas das telas do aplicativo SMMAR-T. A) Calibração dos planos do acelerômetro em aplicativo SMMAR-T e B) Gráficos de acompanhamento em tempo real. Fonte: (Autor).



**Figura 13** – Representação dos eixos do acelerômetro no *smartphone* utilizados no SMMAR-T. Fonte: (LIMA *et al.*, 2013).



**Figura 14** – Exemplo de leiaute da tela de acompanhamento de movimento em tempo real com acesso via receptor notebook com trecho de demarcação na curva de interesse. Fonte (ENSINA *et al.*, 2020).

### 3.4. Etapas experimentais

A coleta de dados foi realizada conforme o protocolo descrito a seguir:

- Orientação dos sujeitos sobre os movimentos realizados em cada ApAAL;
- Alongamento corporal orientado pelo profissional fisioterapeuta;
- Fixação do *smartphone* nos ApAALs por meio de FNEO (indicadas pela seta amarela) (Figuras 15B, 16B e 17B);
- Posicionamento e gravação dos movimentos: iniciou-se a gravação pela câmera filmadora marca *GoPro hero black 7* posicionada a uma distância de

2,3 metros da base de apoio aparelho, sendo fixada em suporte tripé com nivelamento específico através de régua de nível e com altura de um metro, o ângulo de filmagem para o ApAAL depende do posicionamento do sujeito para a melhor captação dos movimentos envolvidos (Figuras 15A, 16A e 17A);

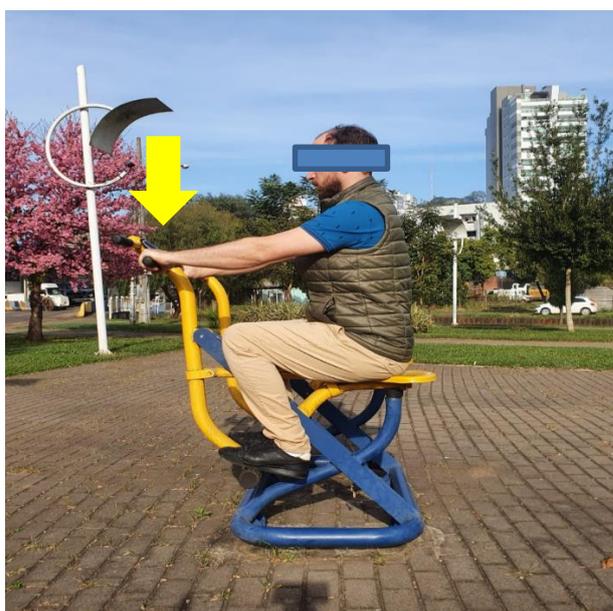
- **Aparelho 1** – Simulador de cavalgada: o *smartphone* foi posicionado na barra anterior e superiormente ao eixo de articulação do guidão e da estrutura de suporte (Figura 15):

Durante a utilização do aparelho, o indivíduo sentou-se com os pés posicionados bilateralmente sobre os apoios inferiores e com as mãos no guidão. Deste modo, realizou-se a extensão dos joelhos com o movimento de empurrar dos membros inferiores. Com o auxílio das mãos, tracionou-se o guidão para próximo do peito, gerando assim, também o movimento de flexão de cotovelos e, consecutivamente, a extensão da pelve.

**A**



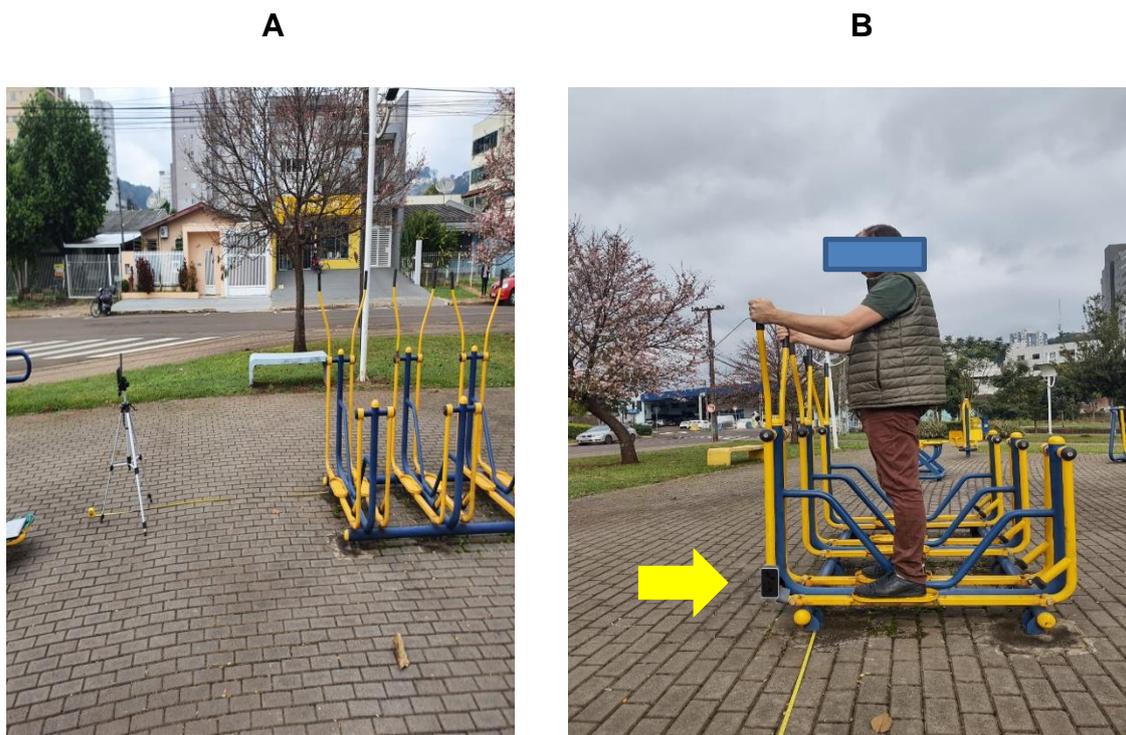
**B**



**Figura 15:** A) Posicionamento da câmera em relação ao ApAAL e B) Posicionamento do sujeito. Local de fixação do aparelho *smartphone* no Simulador de Cavalgada (Flecha amarela).

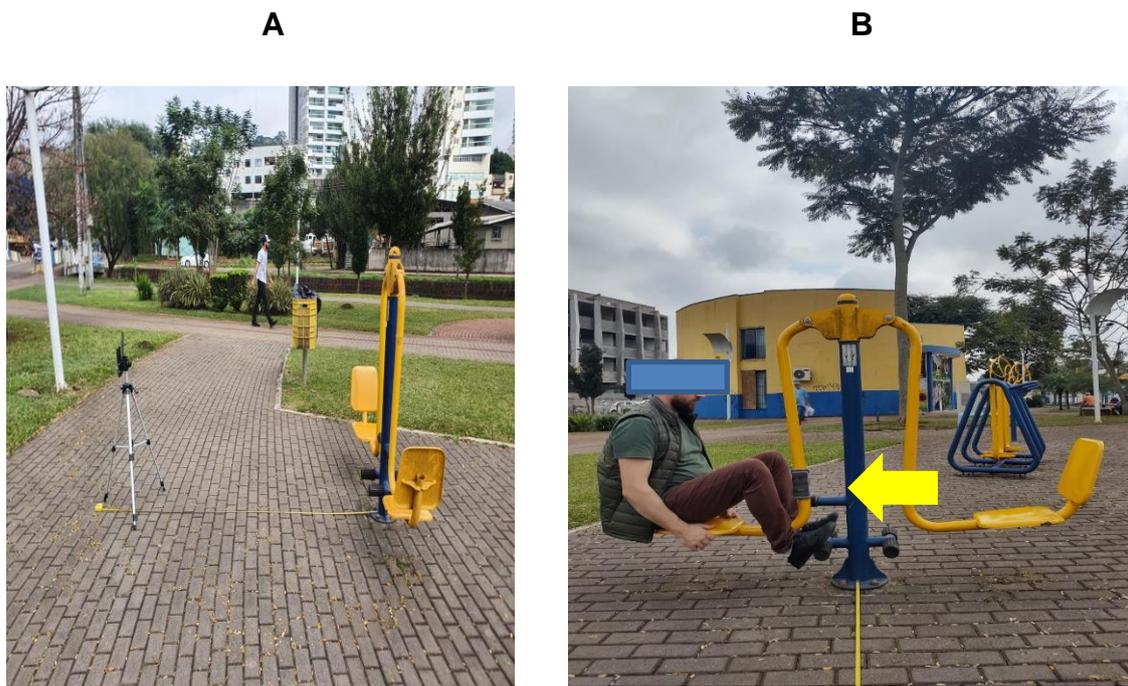
- **Aparelho 2** – Simulador de Esqui: o *smartphone* foi fixado na haste anterior, inferiormente e próximo ao eixo que articula o apoio dos pés com a haste

anterior (Figura 16). Durante a utilização do aparelho, o indivíduo em posição ortostática com ambos os pés apoiados sobre os suportes inferiores e, além disso, as mãos seguravam as hastes superiores. Os movimentos simulam a atividade de esqui, propulsionando as pernas de forma unilateral através da extensão e da flexão do quadril, alternando bilateralmente com os movimentos de flexão e extensão de cotovelo e ombro.



**Figura 16:** A) Posicionamento da câmera em relação ao ApAAL e B) Posicionamento do sujeito. Local de fixação do aparelho *smartphone* no Simulador de Esqui (Flecha amarela).

- **Aparelho 3** – Pressão de pernas: o *smartphone* foi fixado na haste anterior, em posição inferior ao ponto de apoio de suporte do equipamento (Figura 17). Durante a utilização do aparelho, o indivíduo sentou-se com as costas justaposta ao anteparo e, os pés, posicionaram-se, bilateralmente, sobre os apoios inferiores do aparelho. Inicialmente, os joelhos encontravam-se em flexão, e, após iniciar o exercício, realizou-se a extensão dos joelhos vencendo a resistência imposta pelo peso do indivíduo;



**Figura 17:** A) Posicionamento da câmera em relação ao ApAAL e B) Posicionamento do sujeito. Local de fixação do aparelho *smartphone* no Pressão de Pernas (Flecha amarela).

- Um período foi composto de dez ciclos de movimentos. O tempo de realização de cada ciclo foi estipulado pelo profissional especialista de acordo com o ApAAL:
  - Aparelho Simulador de Cavalgada: seis segundos cada ciclo, sendo três segundos até a amplitude estipulada e três segundos até o retorno da amplitude;
  - Aparelho Simulador de Esqui: oito segundos cada ciclo, sendo quatro segundos para cada deslocamento anterior de perna e quatro segundos para deslocamento posterior da perna;
  - Aparelho Pressão de Pernas: seis segundos cada ciclo, sendo três segundos até a amplitude estipulada e três segundos até o retorno da amplitude.
- Coleta de dados pelo *VibSensor – Accelerometer recorder, Now Instruments and Software, Inc* e delineamento automático da função Aceleração *versus* Tempo e Deslocamento *versus* Tempo pelo aplicativo SMMAR-T (HUEI *et al.*, 2020). Determinação automática também dos parâmetros velocidade,

aceleração, deslocamento realizado e o estabelecimento da curva padrão de cada sujeito e a curva padrão geral por meio de coeficiente de determinação ( $R^2$ ) em cada tipo de movimento.

- Todos os períodos foram coletados em duas fases distintas por datas, denominadas em primeira coleta e segunda coleta (anexo 2 protocolo de coleta de dados):
  - Primeira Coleta: indivíduos realizaram movimentos seguindo a orientação de tempo definida para cada ciclo x ApAALs, realizando três períodos de 10 ciclos cada, do início até o máximo de amplitude de deslocamento possível a ser alcançada. A curva de maior amplitude dos ciclos do eixo de maior visualização era selecionada pelo pesquisador. Este ciclo representa o 100% de deslocamento do indivíduo e é expressa, de modo angular pelo SMMAR-T em formato txt. (Figura 18).

```
Aparelho 1 - Movimento Padrão - Simulador de Cavalgada - 100% - Veloc Controlada - Eixo Z Ângulos (2) - Bloco de Notas
Arquivo Editar Formatar Exibir Ajuda
Ângulos da curva 1:
maior angulo curva 1 = ;X: 0.2933668617720027; Y: 88.92101962560156; Z: 44.15760538697949
menor angulo cruva 1 = ;X: -2.4602677396943986; Y: 45.73717403165342; Z: -16.939315822832025
amplitude cruva 1 = ;X: 2.7536346014664015; Y: 43.18384559394814; Z: 61.09692120981151

maior angulo total = ;X: 0.2933668617720027; Y: 88.92101962560156; Z: 44.15760538697949
menor angulo total = ;X: -2.4602677396943986; Y: 45.73717403165342; Z: -16.939315822832025
Amplitude total = ;X: 2.7536346014664015; Y: 43.18384559394814; Z: 61.09692120981151

Lista X:
0.2933668617720027;
-2.4602677396943986;

Lista Y:
88.92101962560156;
45.73717403165342;

Lista Z:
44.15760538697949;
-16.939315822832025;
```

**Figura 18** – Resultado em formato txt. apresentado pelo SMMAR-T no processamento realizado para definição de movimento padrão em angulação de 100%.

- Segunda Coleta: depois da realização com ciclos de 100% de movimento para cada modalidade de ApAALs, solicitou-se, aos sujeitos, nova coleta utilizando deslocamentos de 20% e 70% para cada movimento em respectiva modalidade de ApAALs. A calibração para o alerta sonoro dentro da faixa estipulada foi obtida com o uso do movimento padrão e subtração do percentual escolhido.

28/05/2023	Fernando Bednarski	Coluna vertebral	Aduo	Destro	Aparelho 1 - Movimento Padrão - Simulador de Cavalgada - 100% - Veloc Controlada - Eixo Z	✓
28/05/2023	Fernando Bednarski	Coluna vertebral	Aduo	Destro	Aparelho 2 - Movimento Padrão - Simulador de Esqui - 100% - Velocidade Controlada - Eixo X - Fernando	✓

**Eixo Principal**

**Amplitude**

**Porcentagem Máxima**

**Porcentagem Mínima**

**Figura 19** – Leiaute tela de calibração em 70% do movimento padrão no eixo Z, SMMAR-T.

Nos movimentos de 20% de deslocamento de amplitude de cada sujeito em ApAALs, ocorreram de acordo com os passos descritos a seguir:

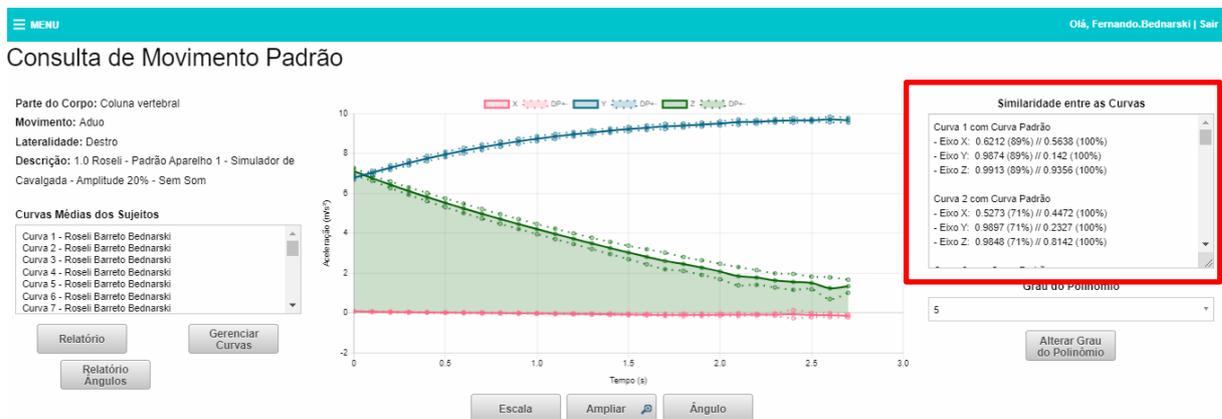
- Ajuste do aplicativo SMMAR-T para movimentos com 20% do deslocamento total inicial, utilizando-se da função sem alerta sonoro e com uso de alerta sonoro acionados, automaticamente, através do aplicativo SMMAR-T;
- Movimentação do sujeito: cada sujeito realizou três períodos de movimento de 10 ciclos cada, sendo 30 ciclos sem alerta sonoro e 30 ciclos com alerta sonoro;
- Os dados coletados pelo acelerômetro do *smartphone* eram, automaticamente, captados pelo aplicativo SMMAR-T (HUEI *et al.*, 2020) e então foram realizadas as análises dos parâmetros velocidade, aceleração, deslocamento, determinação da curva padrão de cada sujeito nessa faixa determinada e a curva padrão geral por meio de coeficiente de determinação ( $R^2$ ).

Os movimentos de 70% de deslocamento de amplitude de cada sujeito em ApAALs ocorreram seguindo os mesmos passos protocolares em relação aos de movimentos de 20%. Além disso, para a discretização de curvas referentes de cada movimento realizado nos ApAALs para cada sujeito, o SMMAR-T, de maneira automática utiliza-se de um modelo matemático polinomial que realiza o ajuste das curvas representantes dos movimentos. O modelo matemático polinomial de quinta ordem (Equação 1) é aplicado para todas as curvas de representação dos movimentos:

$$A = B_0 + B_1t + B_2t^2 + B_3t^3 + B_4t^4 + B_5t^5 \text{ (Equação 1).}$$

Sendo: A a aceleração do deslocamento no eixo do sistema de coordenadas, t o tempo gasto na execução do deslocamento e B<sub>0</sub>, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub>, B<sub>4</sub> e B<sub>5</sub> os coeficientes provenientes do método de ajuste polinomial.

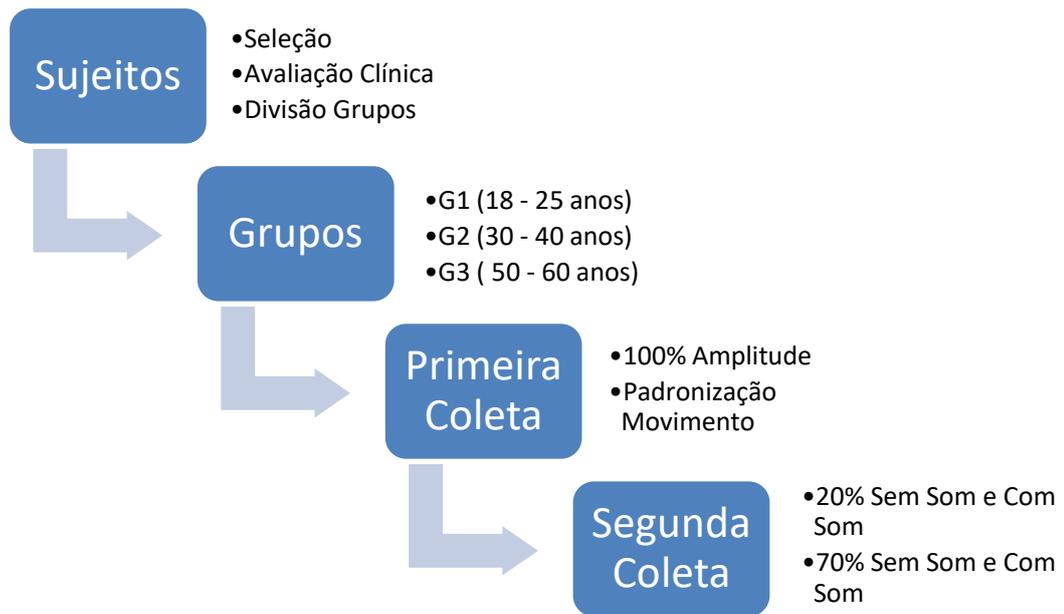
Deste modo, analisaram-se de maneira pareada os ajustes matemáticos das 10 curvas de repetições de cada um dos três períodos com determinação da média e do desvio padrão do coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>) para cada um dos movimentos de um mesmo ApAAL. Com isso, determinaram-se os R<sup>2</sup> das comparações entre os ciclos de cada sujeito com a respectiva curva padrão (Figura 20).



**Figura 20** – Ajustes entre curvas padrão e experimental em SMMAR-T.

Depois desses procedimentos, estatísticas descritivas e analíticas estão sendo aplicadas com intervalo de confiança de 95%.

O resumo das etapas experimentais para obtenção dos resultados está representado a seguir:



**Figura 21.** Resumo das etapas utilizadas para coleta de dados.

## 4. REFERÊNCIAS

ALRUBAN, A.; AL-OBAIDI, H.; CLARKE, N. **Physical Activity Recognition by Utilising Smartphone Sensor Signals**. [S. l.: s. n.], 2022.

AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE, *et al.* American College of Sports Medicine position stand. Exercise and physical activity for older adults. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 41, n. 7, p. 1510–1530, 2009.

ANDRADE, D. *et al.* **Cenário do Programa Academia da Saúde no estado de São Paulo da perspectiva dos gestores municipais**. [S. l.: s. n.], 2019. p. 66–97.

ANDRADE, J. S. **Academias ao ar livre como política pública de promoção da saúde do idoso, através do exercício físico, na cidade do Rio de Janeiro**. 2017. Dissertação Mestrado (Ciências da Saúde) - Centro de Educação e Humanidades::Instituto de Educação Física e Desporto, Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Disponível em: <https://www.bdttd.uerj.br:8443/handle/1/8306>. Acesso em: 22 maio 2023.

ANTONIO, B. de A.; TERUYA, T. T.; MOCHIZUKI, L. Uso do acelerômetro e giroscópio no monitoramento de movimento: uma avaliação comparativa por meio de unidade inercial e smartphone. **Revista Brasileira de Educação Física e Esporte**, [S. l.], v. 34, n. 3, p. 429-436, 2020. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/rbefe/article/view/175255>. Acesso em: 12 jun. 2022

BIANCHIM, M. S. *et al.* Calibration and validation of accelerometry to measure physical activity in adult clinical groups: A systematic review. **Preventive Medicine Reports**, v. 16, p. 101001, dez. 2019.

BROWN, G.; SCHEBELLA, M. F.; WEBER, D. Using participatory GIS to measure physical activity and urban park benefits. **Landscape and Urban Planning**, v. 121, p. 34–44, 1 jan. 2014.

CHOW, H. W.; CHANG, K. T.; FANG, I. Y. Evaluation of the effectiveness of outdoor fitness equipment intervention in achieving fitness goals for seniors. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 18, n. 23, p. 12508, 2021.

CHOW, H. W.; HO, C. H. Does the use of outdoor fitness equipment by older adults qualify as moderate to vigorous physical activity? **PloS One**, v. 13, n. 4, p. e0196507, 2018.

CHOW, H. W.; MOWEN, A. J.; WU, G. L. Who is using outdoor fitness equipment and how? The case of Xihu Park. *Int. J. Environ. Res. Public Health*.14:448, 2017.

CHOW, H. W. Outdoor fitness equipment in parks: a qualitative study from older adults' perceptions. **BMC Public Health**. 13: 1216, 2013.

CHOW, H. W.; WU, D. R. Outdoor Fitness Equipment Usage Behaviors in Natural Settings. *Int J Environ Res Public Health*. 2019 Jan 30;16(3):391. doi: 10.3390/ijerph16030391. PMID: 30704116; PMCID: PMC6388239.

COHEN, D. A. *et al.* The first national study of neighborhood parks. **American journal of preventive medicine**, v. 51, n. 4, p. 419–426, 2016.

COHEN, D. A. *et al.* Impact and cost effectiveness of family Fitness Zones: A natural experiment in urban public parks. **Health & Place**. 18:39-45, 2012.

COPELAND, J. L. *et al.* Fitness equipment in public parks: Frequency of use and community perceptions in a small urban centre. **Journal of Physical Activity and Health**, v. 14, n. 5, p. 344–352, 2017.

DA SILVA, F.G. **Reconhecimento de movimentos humanos utilizando um acelerômetro e inteligência computacional.** (Dissertação – Mestrado - Universidade de São Paulo), 2013.

DIGITAL, P. E. O surgimento das academias da terceira idade, no Brasil. [s. d.].  
Plataforma Espaço Digital. Disponível em:  
<https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/77465>. Acesso em: 8 out. 2023.

DUARTE, V.S. *et al.* Exercícios físicos e osteoartrose: uma revisão sistemática.  
**Fisioter. Mov.** 26 (1): 193-202, 2013.

ECKSTROM, E.; NEUKAM, S.; KALIN, L.; WRIGHT, J. Physical Activity and  
Healthy Aging. **Clinics in Geriatric Medicine**, v. 36, n. 4, p. 671–683, 1 nov. 2020.  
<https://doi.org/10.1016/j.cger.2020.06.009>.

ENSINA, L. A. *et al.* Sistema Computacional Web para o Monitoramento de  
Movimentos em Tempo Real. **Journal of Health Informatics**, v. 12, 2020.  
Disponível em: <https://jhi.sbis.org.br/index.php/jhi-sbis/article/view/813>. Acesso  
em: 16 maio 2023.

ESTEVES, J. V. D. C. *et al.* Estilo de vida de praticantes de atividades físicas em  
academias da terceira idade de Maringá - PR. **Conexões**, v. 8, n. 1, p. 119–129,  
2010.

ESTEVES, J. V. D. C. *et al.* O uso de academias da terceira idade por idosos  
modifica parâmetros morfofuncionais? **Acta Scientiarum. Health Science**, v. 34,  
n. 1, p. 31–38, 2012.

EVENSON, K. R. *et al.* Park characteristics, use, and physical activity: A review of  
studies using SOPARC (System for Observing Play and Recreation in  
Communities). **Preventive medicine**, v. 86, p. 153–166, 2016.

FERRAZ, A. P. *et al.* Controle de movimentos corpóreos em tempo real usando  
sinais sonoros em um sistema web de monitoramento. **SIICUSP 2022 - ANAIS**. [s.  
d.]. Disponível em:

[http://179.106.223.20:8000/portal\\_labi/papers/Inp\\_Ferraz\\_SIICUSP\\_2022\\_Controle.pdf](http://179.106.223.20:8000/portal_labi/papers/Inp_Ferraz_SIICUSP_2022_Controle.pdf). Acesso em: 23 ago. 2023.

FIGUEIREDO, L. J. *et al.* Aplicações de acelerômetros. **IAS 2007 - Instrumentação e Aquisição de Sinais**, 2007.

FIGUEIREDO, I. N. *et al.* Exploring smartphone sensors for fall detection. **mUX: The Journal of Mobile User Experience**, v. 5, n. 1, p. 2, 2016.

FRAGA, A. B. **Exercício da informação: governo dos corpos no mercado da vida ativa**. 2005. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/4997>. Acesso em: 23 set. 2023.

FREIRE, R. S.; LÉLIS, F. L. de O.; FONSECA FILHO, J. A.; NEPOMUCENO, M. O.; SILVEIRA, M. F. Prática regular de atividade física: estudo de base populacional no Norte de Minas Gerais, Brasil. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 20, p. 345–349, out. 2014.

GIACOMOSSI, L. C. **Método não invasivo utilizando acelerômetro para classificar movimentos normais e anormais de humanos**. 2011. Dissertação Mestrado (Engenharia Biomédica) – Centro de Engenharia Elétrica e Informática Industrial: Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Disponível em: [https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/913/1/CT\\_CPGEI\\_M\\_Giacomossi%2c%20Luiz%20Carlos\\_2011.pdf](https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/913/1/CT_CPGEI_M_Giacomossi%2c%20Luiz%20Carlos_2011.pdf). Acesso em: 23 set. 2023.

GODFREY, A. *et al.* Direct measurement of human movement by accelerometry. **Medical Engineering & Physics**, v. 30, n. 10, p. 1364–1386, dez. 2008.

HUEI, H.D. *et al.* SMMAR-T - Sistema de Monitoramento de Movimentos e Análise Remota em Telemedicina. Titular: Universidade Estadual de Campinas e Universidade Estadual do Oeste do Paraná. BR512020000583-7. Depósito: 07 Jan. 2020. Concessão: 31 Mar. 2020.

KIM, D.I. *et al.* Six weeks of combined aerobic and resistance exercise using outdoor exercise machines improves fitness, insulin resistance, and chemerin in the Korean elderly: A pilot randomized controlled trial. *Archives of Gerontology and Geriatrics*. 1º de março de 2018; 75:59–64.

KOLCHRAIBER, F.C. *et al.* Nível de atividade física em pessoas com diabetes mellitus tipo 2. **Rev. Cuid.** 9 (2): 2105 -16, 2018.

KONTIS, V. *et al.* Future life expectancy in 35 industrialised countries: projections with a Bayesian model ensemble. **Lancet**. 389(10076):1323-1335, 2017.

LEE, J. L. C.; LO, T. L. T.; HO, R. T. H. Understanding outdoor gyms in public open spaces: A systematic review and integrative synthesis of qualitative and quantitative evidence. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 15, n. 4, p. 590, 2018.

LEVINGER, P. *et al.* Outdoor physical activity for older people—the senior exercise park: Current research, challenges and future directions. **Health Promotion Journal of Australia**, v. 29, n. 3, p. 353–359, 2018.

LEVINGER, P. *et al.* Guidance about age-friendly outdoor exercise equipment and associated strategies to maximise usability for older people. **Health Promotion Journal of Australia**, v. 32, n. 3, p. 475–482, 2021.

MACDONALD, G.A. A review of low cost accelerometers for vehicle dynamics. **Sensors and Actuators**, 21:303-307, 1990.

MATHIAS, N.G. *et al.* Motivos para a prática de atividades físicas em uma academia ao ar livre de Paranaguá-PR. **Rev. Bras. Cienc. Esporte**. 41(2): 222-228, 2019.

MCKENZIE, T. L. *et al.* System for observing play and recreation in communities (SOPARC): Reliability and feasibility measures. **Journal of physical activity & health**, v. 3 Suppl 1, p. S208–S222, 2006.

MODESTO, B. T.; BARTHOLOMEU, T.; BASSO, L.; COSTA, L. A. R.; TINUCCI, T.; FORJAZ, C. L. de M. Effects of a Real-Life Park-Based Physical Activity Interventional Program on Cardiovascular Risk and Physical Fitness. **Preventing Chronic Disease**, v. 18, p. E18, 25 fev. 2021.

MOURA, C. L. F. *et al.* Sustentabilidade e saúde pública: a importância da prática de exercícios físicos em academias ao ar livre. CONEXÃO UNIFAMETRO 2022 - ANAIS. [s. d.]. **Doity**. Disponível em: <https://doity.com.br/anais/conexaounifametro2022>. Acesso em: 12 out. 2023.

MOURCOU, Q. *et al.* Performance evaluation of smartphone inertial sensors measurement for range of motion. **Sensors**, v. 15, n. 9, p. 23168–23187, set. 2015.

MOTA, F. A. O. **Aplicação de rede de sensores sem fio para a análise do movimento humano**. 2017. Dissertação Mestrado (Engenharia Elétrica) - Programa de Pós Graduação em Engenharia Elétrica da Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais. Disponível em: [https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/BUOSB42FRV/1/disserta\\_\\_o\\_final\\_entr egue.pdf](https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/BUOSB42FRV/1/disserta__o_final_entr egue.pdf). Acesso em: 23 set 2023.

NAHAS, M. V. Atividade física, saúde e qualidade de vida: conceitos e sugestões para um estilo de vida ativo. 5. ed. rev. atual. Londrina: Midiograf, 2010. 318p.

OLIVEIRA, D. V. *et al.* Fatores associados a prática de atividade física em idosos usuários de academia da terceira idade de Maringá-PR. **Saúde (Santa Maria)**, 2017. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/revistasau de/article/view/24800>. Acesso em: 23 maio 2023.

ORGANIZAÇÃO PANAMERICANA DE SAÚDE. **Novas diretrizes sobre atividade física e comportamento.** Disponível em: <<https://www.paho.org/pt/noticias/26-11-2020-oms-lanca-novas-diretrizes-sobre-atividade-fisica-e-comportamento-sedentario>>. Acesso em: 13 de maio de 2022.

PALÁCIOS, A. R. O. P. *et al.* A concepção do Programa Maringá Saudável, suas ações e resultados. **Divulg. saúde debate**, p. 34–40, 2009.

PAULO, T. R. Programa Academia da Terceira Idade no município de Uberaba/MG. **Arquivos de Ciências do Esporte**, v. 1, n. 1, 17 maio 2013. Disponível em: <https://seer.uftm.edu.br/revistaeletronica/index.php/aces/article/view/261>. Acesso em: 23 set. 2023.

PATTERSON, J. A. *et al.* Validation of measures from the smartphone sway balance application: A pilot study. **International Journal of Sports Physical Therapy**, v. 9, n. 2, p. 135–139, 2014.

PEREIRA, É. F.; TEIXEIRA, C. S.; SANTOS, A. DOS. Qualidade de vida: abordagens, conceitos e avaliação. **Revista Brasileira de Educação Física e Esporte**, v. 26, n. 2, p. 241–250, abr. 2012.

RUNG, A. L. *et al.* The role of park conditions and features on park visitation and physical activity. **Journal of Physical Activity & Health**, v. 8 Suppl 2, p. S178-187, 2011.

SALIN, M. D. **Espaços públicos para a prática de atividade física: o caso das academias da melhor idade de Joinville - SC.** 2013. 114 p. Tese (Doutorado Ciências do Movimento) – Centro de Ciências da Saúde e do Esporte – Universidade do Estado de Santa Catarina. 2013.

SALIN, M. Da S. *et al.* Golden Age Gym: Reasons for entry, permanence and satisfaction among participating older adults. **Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano**, v. 16, p. 152–160, 2014.

SAMI, M.; SMITH, M.; OGUNSEITAN, O. A. Placement of outdoor exercise equipment and physical activity: A quasi-experimental study in two parks in southern California. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 17, n. 7, p. 2605, 2020.

SAMPAIO, A. R.; FARINATTI, P. T. V.; OLIVEIRA, R. B. Relação dose-resposta entre nível de atividade física e desfechos em saúde. **Revista Hospital Universitário Pedro Ernesto**, v. 12, n. 4, 31 dez. 2013. DOI 10.12957/rhupe.2013.8718. Disponível em: <http://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/revistahupe/article/view/8718>. Acesso em: 15 out. 2023.

SANTOS, C. Da P. *et al.* **O surgimento das academias da terceira idade, no Brasil**. Anais do VIII Congresso Internacional de Envelhecimento Humano. Campina Grande: Realize Editora, 2021. Disponível em: <<https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/77465>>. Acesso em: 08/10/2023 19:56

SASAKI, J. *et al.* Orientações para utilização de acelerômetros no Brasil. **Revista Brasileira de Atividade Física & Saúde**, [S. l.], v. 22, n. 2, p. 110–126, 2017. Disponível em: <https://rbafs.org.br/RBAFS/article/view/7452>. Acesso em: 12 jun. 2022.

SELA, V. M.; SELA, F. E. R. A academia da terceira idade como um projeto do governo municipal de Maringá-PR para solucionar as falhas de mercado. **Caderno de Administração**, v. 20, n. 1, p. 82–90, 2012.

SILVA, R. S. De C. E. **Avaliação da satisfação do idoso no uso de equipamentos de ginástica ao ar livre**. 19 ago. 2020. Disponível em:

<http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/16000>. Acesso em: 12 jul. 2023.

SILVA, F. G. Da. **Reconhecimento de movimentos humanos utilizando um acelerômetro e inteligência computacional**. 2013. Dissertação (Mestrado em Microeletrônica) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013. Acesso em: 23/09/23.

SILVA, R.S. *et al.* Atividade física e qualidade de vida. **Ciência & Saúde Coletiva**. 15(1):115-120, 2010.

SITE PORTALMORADA. **Araraquara ganhará duas novas academias ao ar livre**. 22/12/2016. Disponível em < <https://portalmorada.com.br/araraquara-ganhara-duas-novas-academias-ao-ar-livre/>> Acessado em: 12/10/2023.

SKOWRONSKI, M. Do. **Programa Agita São Paulo ao Programa Academia da Saúde: programas públicos envolvendo práticas corporais/atividade física para a promoção da saúde**. 2014. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/116102>. Acesso em: 23 set. 2023.

SOUZA, C. *et al.* **Perfil dos frequentadores e padrão de uso das academias ao ar livre em bairros de baixa e alta renda de Curitiba-PR**. *Revista Brasileira de Atividade Física & Saúde*, v. 19, 2014.

TEIXEIRA, C.F. *et al.* Sistema auditivo central. In: BOÉCHAT, E. M. *et al.* *Tratado de audiologia*. 2ª ed. Rio de Janeiro: Santos, 2015. p. 9-14.

WEBER, D.; GÜHMANN, C.; SEEL, T. Neural networks versus conventional filters for inertial-sensor-based attitude estimation. In: **2020 IEEE 23rd International Conference on Information Fusion (FUSION)**. IEEE, 2020. p. 1-8.

WU, F.C.; COY, C.S.R.; LEE, H.D.; MACIEJEWSKI, N.A.R.; ENSINA, L.A.; TAKAKI, W.S.R.; VICENZI, G.; FLAUZINO, R.A.; FAGUNDES, J.J.; AYRIZONO,

M.L.S.; SPOLAÔR, N. **Método para monitorar e analisar movimentos de articulações e de partes do corpo.** Status: Pedido de Patente requerido. INPI BR 10 2019 015290 7. 24 de jul. 2019.

XU, Y.; WHEELER, S. A.; ZUO, A. The Effectiveness of Interventions to Increase Participation and Physical Activities in Parks: A Systematic Review of the Literature. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 19, n. 19, p. 12590, 2 out. 2022.

XU, Z.; GENG, J.; ZHANG, S.; ZHANG, K.; YANG, L.; LI, J.; LI, J. A Mobile-Based Intervention for Dietary Behavior and Physical Activity Change in Individuals at High Risk for Type 2 Diabetes Mellitus: Randomized Controlled Trial. *JMIR Mhealth Uhealth*. 2020 Nov 3;8(11):e19869. doi: 10.2196/19869. PMID: 33141092; PMCID: PMC7671838.

YAN, J. Common problems analysis of outdoor fitness equipment. **Technol. Wind**, v. 19, p. 104, 2016.

ZIOBER BRASIL. **Manual academia ao ar livre.** Disponível em <https://www.zioberbrasil.com.br/blog/> Acessado em: 20 set. 2023.

## 5. Artigo Científico

### **Analysis of the effectiveness of using an accelerometer to monitor body movements during outdoor equipment exercise.**

Fernando Bednarski<sup>1</sup>, Wu Feng Chung<sup>1</sup>, Alexandre Peiter Ferraz<sup>2</sup>, Weber Shoity Resende Takaki<sup>2</sup>, Huei Diana Lee<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>State University of Western Paraná, Health Sciences, Postgraduate Program in Applied Health Sciences, Francisco Beltrão, Paraná, Brazil.

<sup>2</sup>State University of Western Paraná, Center for Engineering and Exact Sciences, Postgraduate Program in Electrical and Computer Engineering, Foz do Iguaçu/PTI, Paraná, Brazil.

**Background:** Physical inactivity is a significant public health issue. Projects such as outdoor gyms (OG) play an important role in encouraging physical activity, however, the absence of health professionals to guide the proper use of equipment can lead to adverse effects for users.

**Objectives:** To analyze the biomechanical profile monitoring and the efficiency of sound alerts for body movements during exercises on outdoor exercise equipment (OEE) using an accelerometer and the Movement Monitoring and Remote Analysis in Telemedicine System (SMMAR-T).

**Methods:** The sample consisted of 12 healthy subjects separated into Groups 1 (G1), 2 (G2), and 3 (G3), with four subjects in each group, aged between 18 to 25, 30 to 40 and 50 to 60, respectively. Data were collected using an accelerometer and a computer application installed on a smartphone positioned in three types of OEE (OEE 1 – Horseback riding simulator, OEE 2 - Skiing simulator and OEE 3 - Leg pressure). Each individual established their maximum range of motion for each OEE, with sound alerts set in the SMMAR-T at 20% and 70% angulation of this maximum. Participants performed three sets of 10 movement cycles at each alert percentage, data results were compared using statistical analysis at a 95% confidence interval.

**Results:** Statistical analysis demonstrated that physical activities on OEEs with sound alerts presented greater precision in angular displacement for the collected amplitudes. Out of 72 physical activities series that were analyzed, 54 showed greater accuracy

with sound alerts for 20% and 70% displacements, while 8 showed better results in the absence of sound alert, and 10 showed no significant differences.

**Conclusion:** The use of an accelerometer and the SMMAR-T sound alert system in physical activities on OEEs was effective in mapping biomechanical behavior of body displacements, as well as improving movement precision, even when performed without the guidance of a qualified professional.

## **KEYWORDS**

Outdoor fitness equipment; Physical activity; Kinematics; Public health.

## **Introduction**

Physical activities and exercises aim to maintain health, increase productivity, preserve or enhance muscle strength and body flexibility, improve motor and sensory coordination, and promote psychological well-being, among other less important benefits<sup>1, 2</sup>. Therefore, regular physical activity can prevent illnesses and death, especially those related to cardiovascular, to metabolic and to osteoarticular conditions<sup>3, 4, 5, 6, 7, 8</sup>. In this light, the World Health Organization (WHO) launched guidelines that encourage and recommend that people, for all active age groups, practice 150 to 300 minutes of exercise per week<sup>2</sup>.

Currently, physical inactivity is a significant public health issue, contributing to increase public expenses of approximately US\$54 billion on medical assistance and US\$14 billion in productivity loss<sup>2, 4, 8</sup>. Governments worldwide have implemented several measures to minimize the problematic scenario, including setting outdoor gyms (OG)<sup>9</sup>. Brazilian government has already installed approximately 7,500 OGs in over 2,000 municipalities to encourage physical activity<sup>10, 11</sup>.

Outdoor gyms consist of infrastructure in public areas such as parks, squares or open places that are easily accessible, equipped with several durable outdoor exercise equipment (OEE), designed so anyone can use it to carry out physical activities<sup>12, 13</sup>. These equipment's comprise mechanical stations of different modalities with specific purposes of adapting and helping perform certain physical activities similar to those done in traditional gyms and rehabilitation clinics<sup>14</sup>. The public can use these devices for free and these facilities have shown benefits such as improving physical and psychological health and opportunity for social bonding<sup>15</sup>. The benefits of

this project can be jeopardized due to the absence of qualified professionals to guide the correct use of OEEs because of the harmful effects caused by the improper exercise execution<sup>16, 17</sup>.

In this context, new technologies are being developed to dynamically and remotely analyze human movements, these advancements facilitate the design of processing strategies for data collected locally or remotely, enabling more reliable assessments of human movement phenomena, such as partial or total body displacement using accelerometers<sup>18, 19</sup>.

According to Wu *et al* (2019), these accelerations can be constant or dynamic, being represented, respectively, by the gravitational acceleration force and the result of movements or vibrations found in the movement exerted by a given object. Accelerometers or inertial sensors can be integrated into the smartphone and can provide valid and reliable data during static and dynamic applications, thus demonstrating high precision and accuracy<sup>20, 21</sup>.

This work aimed to analyze, control and monitor the body movements of healthy subjects using an accelerometer and the SMMAR-T<sup>19</sup> application, these devices being present and installed on the smartphone, during exercises on outdoor gym equipment. It is believed that these technologies can positively contribute by enabling the population to perform physical exercises in OGs under the remote guidance of health professionals. This approach ensures the proper use of OEEs, promotes disease prevention, and guarantees a good quality of life.

## **Methods**

### **Participants**

The research project was approved by the Ethics Committee for Research involving human beings at Unioeste (CAE 61025722.3.0000.0107).

The sample consisted of 12 healthy subjects divided into three groups (G1, G2 and G3), with four subjects each (two males and two females), aged between 18 to 25 years old, 30 to 40 years old and 50 to 60 years old. Participants underwent anamnesis and physical examination by a professional physiotherapist, who deemed the individuals fit for the study, based on absence of injuries.

## Procedure

The research took place at an OG located at Rua Maringá, Praça Darcy Zancan, Municipality of Francisco Beltrão, Paraná, Brazil. The subjects were regular users of this site. Movement data produced by the research subjects in OEEs were collected using an accelerometer preset in a Samsung Galaxy S10 smartphone with the VibSensor application – Accelerometer recorder, Now Instruments and Software, Inc. SMMAR-T was also previously installed on this device<sup>19, 22, 23</sup>. Participants were registered in the applications so an activity plan could be created for each OEE device in SMMAR-T<sup>19, 22, 23</sup>.

Three OEEs were selected for biomechanical mapping: OEE 1 – Horseback Riding Simulator; OEE 2 – Ski Simulator and OEE 3 – Leg Pressure. Data collection procedures were initiated after a detailed explanation of the phases to the participating subjects. Prior to performing the movements on the OEEs, the physiotherapist conducted a body stretching session with the subjects, subsequently, the smartphone was positioned along the largest axis of movement for each OEE and secured using a Neoprene® support<sup>24</sup> as indicated by the yellow arrow according to the images bellow (Figure 1).



**Figure 1** – Demonstration of subject's position and location of the smartphone (yellow arrow) on the Horseback Riding Simulator (A), Skiing Simulator (B) and Leg Pressure (C) OGs.

Physical activities were structured in sets, each comprising ten movement cycles. The duration of each cycle on the respective devices is specified as follows:

- Device 1 (Horseback Riding Simulator): six seconds per cycle, with three seconds to reach the stipulated amplitude and three seconds to return to the starting position;
- Device 2 (Ski Simulator): eight seconds per cycle, with four seconds for the anterior displacement of the leg and four seconds for posterior displacement of the leg;
- Device 3 (Leg Pressure): six seconds per cycle, three seconds to reach the stipulated amplitude and three seconds to return to the starting position.

**First collection** – Definition of the maximum range of movement for each subject. Each participant performed the movements in accordance with the time guidelines specified for each cycle, completing three sets of 10 cycles for each OEE. The movements were executed from the starting position to the maximum achievable displacement amplitude. The researcher selected the cycle with the greatest amplitude on the axis of greatest visualization, which was then used to represent 100% of the individual's displacement.

**Second collection (a)** - Activity plan with 20% range of movement. Adjustment of the SMMAR-T application for series of movements with 20% of the total displacement in all OEEs without using the sound alert (SS) by the SMMAR-T application.

**Second collection (b)** - Activity plan with 20% range of movement. Adjustment of the SMMAR-T application for movement series with 20% of the total displacement in all OEEs using the audible alert function triggered, with sound (CS), automatically, through the SMMAR-T application.

**Third collection (a)** - Activity plan with 70% range of movement. Adjustment of the SMMAR-T application for the movement series with 70% of total displacement in all OEEs without an audible alert via the SMMAR-T application.

**Third collection (b)** - Activity plan with 70% range of movement. Adjustment of the SMMAR-T application for the movement series with 70% of the total displacement in all OEEs using the CS function, activated automatically by the SMMAR-T application.

## **Measures**

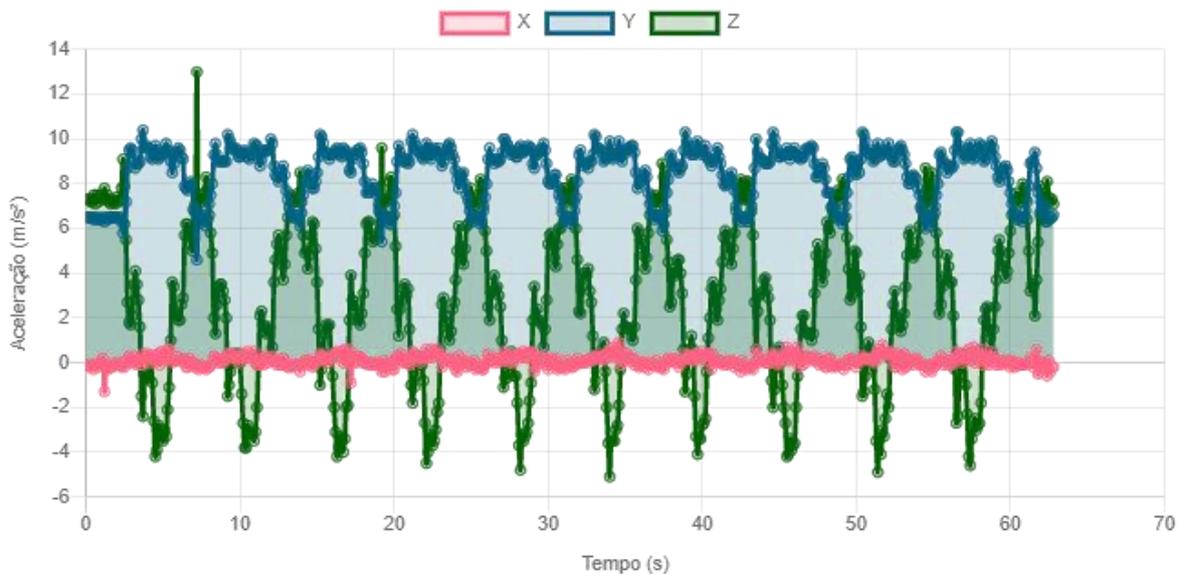
The movement data collected by the smartphone's accelerometer was captured by the SMMAR-T<sup>19</sup>. This application automatically calculates the parameters speed, acceleration, displacement, in addition to generating a standard acceleration curve for each subject and all subjects. The curves corresponding to each movement performed in the OEEs for each subject were discretized and adjusted by the SMMAR-T application using a fifth-order polynomial mathematical model. The captured data were analyzed by comparing the mathematically adjusted curves of the ten repetitions of each of the three series, determining the mean and standard deviation of the Coefficient of determination (R<sup>2</sup>) for each movement cycle of the same OEE. For each OEEs, the most representative movement axes were selected for analysis and, in OEE 1, OEE 2 and OEE 3, these were represented by the Z, X and X axes, respectively.

## **Statistical analyses**

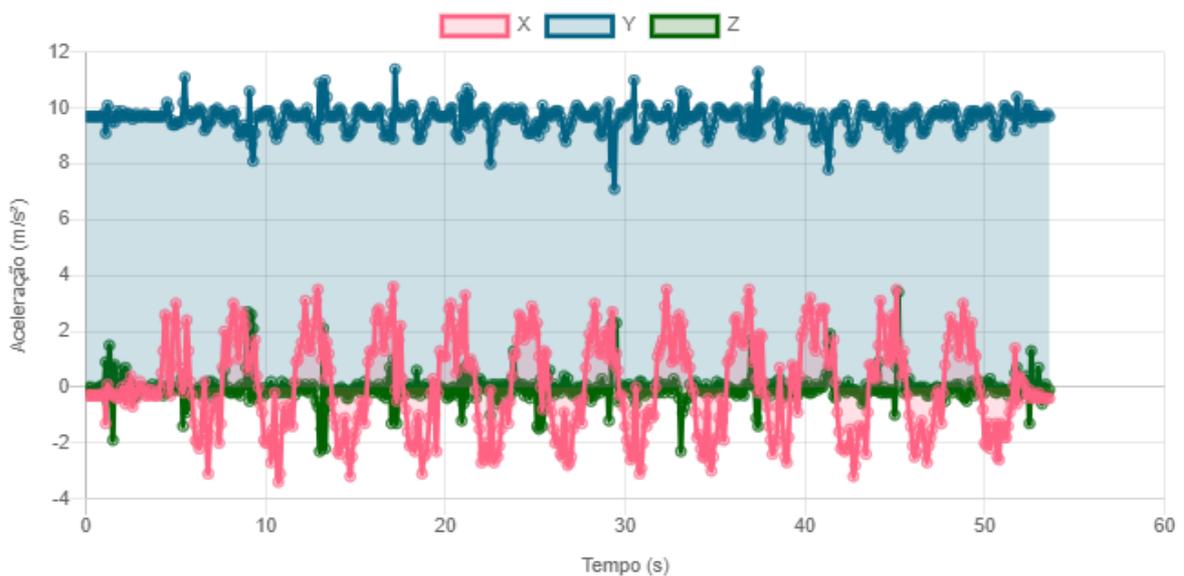
Based on the collected data, the means and standard deviations of the R<sup>2</sup> values for the Z, X and X axes of each movement cycles performed by the 12 subjects were calculated. These values were subjected to statistical analysis using the normality test (Shapiro Test -Wilk), and, subsequently, student's t-test with the 95% confidence interval.

## **Results**

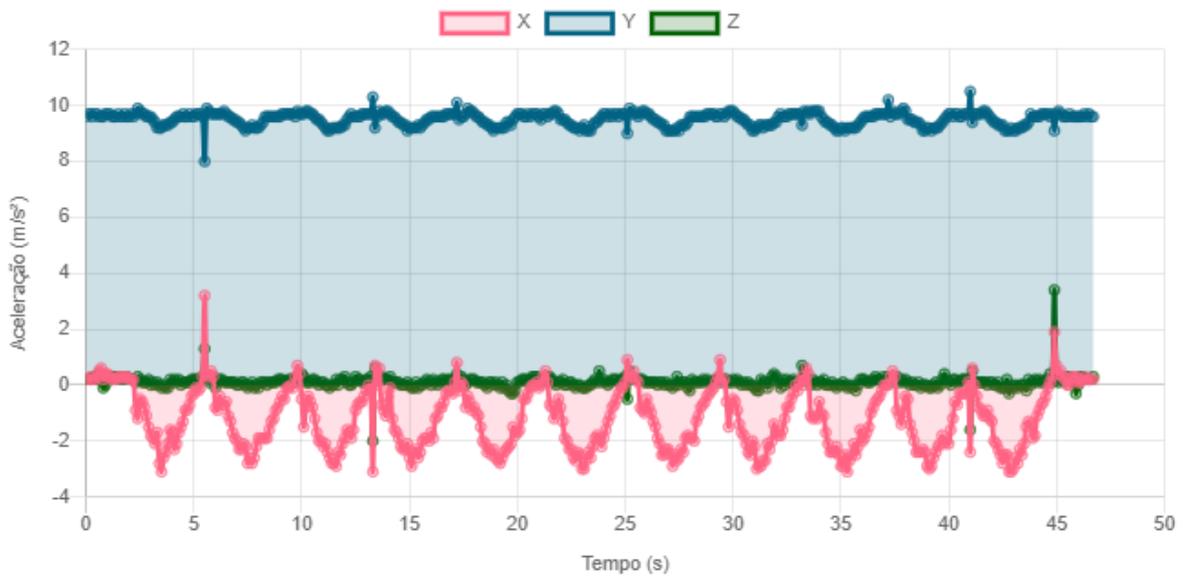
In Figures 2, 3 and 4, examples of movement curves performed in OEE 1 (Horseback Riding Simulator), OEE 2 (Ski Simulator) and OEE 3 (Leg Pressure) are presented in the amplitude 100% controlled by SMMAR-T application.



**Figure 2** – Representation of movement cycles performed in the OEE 1 Horseback Riding Simulator in a patient's sitting position and outlined in a graph Acceleration vs. Time for X, Y and Z axes.



**Figure 3** - Representation of movement cycles performed in the OEE 2 Ski Simulator in a patient's sitting position and outlined in a graph Acceleration vs. Time for the X, Y and Z axes.



**Figure 4** - Representation of movement cycles performed in OEE 3 Leg Pressure in a patient's sitting position and outlined in a graph Acceleration vs. Time for X, Y and Z axes.

Regarding the quality of adjustments between experimental curve vs. Curve adjusted for the respective axes and devices (OEE 1; Z axis); (OEE 2; X axis) and (OEE 3; X axis), this is confirmed by the Means (M) and by the Standard Deviations (SD) of the Coefficients of Determination (R2), presented in Tables 1 and 2, which correspond to collections in amplitudes of 20% and 70%.

20%		P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12
OEE1	M	0.9759	0.9926	0.9623	0.9952	0.9918	0.9857	0.9955	0.9944	0.9945	0.9942	0.9934	0.9935
SS	DP	0.0087	0.0037	0.0127	0.0058	0.0036	0.0096	0.0089	0.0026	0.0026	0.0033	0.0029	0.0038
OEE1	M	0.9692	0.9489	0.9399	0.9737	0.9721	0.9644	0.9243	0.9789	0.9752	0.9782	0.9803	0.9789
CS	DP	0.0121	0.0211	0.0535	0.0166	0.018	0.0259	0.0346	0.0121	0.0141	0.0125	0.0099	0.0106
OEE2	M	0.9499	0.9655	0.9547	0.9891	0.9993	0.9941	0.9625	0.9566	0.9853	0.9951	0.9928	0.988
SS	DP	0.053	0.0518	0.0389	0.0262	0.0015	0.0159	0.0374	0.028	0.0306	0.0141	0.016	0.0225
OEE2	M	0.9475	0.9735	0.9829	0.9458	0.9744	0.9831	0.9523	0.9518	0.9655	0.9859	0.967	0.9505
CS	DP	0.0484	0.0152	0.0215	0.0569	0.0255	0.0331	0.0458	0.0733	0.047	0.0221	0.0539	0.0561
OEE3	M	0.9542	0.9783	0.936	0.98	0.9642	0.9773	0.9469	0.9859	0.9882	0.9773	0.9803	0.9838
SS	DP	0.0162	0.0084	0.0299	0.0131	0.0282	0.0212	0.0296	0.0058	0.0039	0.009	0.0092	0.0097
OEE3	M	0.8981	0.976	0.9435	0.974	0.9599	0.935	0.9489	0.9592	0.9889	0.9786	0.978	0.9775
CS	DP	0.0487	0.0106	0.0272	0.0111	0.0244	0.036	0.0257	0.0276	0.0046	0.0096	0.0093	0.0096

**Table 1** - Averages of the coefficients of determination for the Z and X axis, with the standard deviations of the respective movement curves performed, without sound (SS) and with sound (CS), for amplitudes of 20% of the standard movement of each individual in groups G1, G2 and G3.

70%		P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12
OEE1	M	0.9857	0.9924	0.9818	0.9958	0.9885	0.9923	0.9238	0.9954	0.9933	0.9951	0.9936	0.9962
SS	DP	0.0052	0.0034	0.0076	0.0018	0.0066	0.004	0.0416	0.002	0.004	0.0025	0.0036	0.0018
OEE1	M	0.9901	0.9876	0.99	0.9927	0.9927	0.9886	0.9723	0.9944	0.9938	0.9935	0.9948	0.9951
CS	DP	0.0057	0.0061	0.005	0.0041	0.0039	0.0065	0.0878	0.0044	0.0039	0.0024	0.0025	0.0022
OEE2	M	0.9544	0.9781	0.9264	0.0963	0.9992	0.9691	0.9231	0.9619	0.9737	0.9716	0.9672	0.9797
SS	DP	0.209	0.0125	0.0349	0.0342	0.0022	0.0142	0.0374	0.0317	0.0167	0.018	0.0204	0.0186
OEE2	M	0.9215	0.9665	0.9525	0.9593	0.9862	0.9665	0.9338	0.9624	0.9738	0.9637	0.9703	0.9766
CS	DP	0.035	0.0191	0.0274	0.03	0.0252	0.0164	0.0447	0.0225	0.0209	0.0232	0.0175	0.013
OEE3	M	0.9498	0.9723	0.9451	0.9778	0.9796	0.9751	0.9678	0.9905	0.9903	0.9905	0.9871	0.9884
SS	DP	0.02	0.0211	0.0213	0.0134	0.0123	0.0162	0.0175	0.0035	0.0064	0.0037	0.0055	0.0072
OEE3	M	0.948	0.9811	0.9633	0.9842	0.9873	0.9675	0.9617	0.9851	0.989	0.9908	0.9886	0.9905
CS	DP	0.0234	0.0085	0.0164	0.0069	0.0056	0.0268	0.0865	0.0065	0.0049	0.0047	0.0038	0.004

**Table 2** - Averages of the coefficients of determination in amplitudes of 70% of the standard movement of each individual and respective group, for the Z and X axis, with the standard deviations of the respective curves of movements performed, without sound (SS) and with sound (CS).

Table 3 presents results of analytical statistics comparing the effectiveness of movements performed with sound alert (CS) vs. No Sound (SS) and respective p-values in parentheses. Other abbreviations correspond to the amplitude to be achieved (AMP) and type of device (OEE 1, 2 and 3).

		AMP	OEE1 (p-valor)	AVERAGE SS/CS	AMP	OEE2 (p-valor)	AVERAGE SS/CS	AMP	OEE3 (p-valor)	AVERAGE SS/CS
P1	20%	16,99	0,0036	26,65/24,04	5,84	0,0006	10,14/12,42	3,6	0,0001	9,72/6,78
	70%	59,48	0,0001	45,33/58,84	20,44	0,0001	20,68/25,84	12,6	0,002	14,16/15,14
P2	20%	10,02	0,0001	52,01/11,56	3,98	0,0001	16,03/10,18	3,79	0,0001	16,51/11,79
	70%	35,06	0,0001	60,69/41,36	13,92	0,0001	21,37/20,13	11,88	0,095	20,72/20,68
P3	20%	11,34	0,0001	26,32/22,07	4,52	0,0001	14,31/11,07	3,39	0,03	9,46/8,74
	70%	36,69	0,0001	39,84/42,45	15,83	0,65	21,37/21,63	11,88	0,0001	11,34/14,39

Continues on page 60

Continued on page 59

P4	20%	11,51	0,0001	48,65/17,97	4,37	0,0001	17,54/8,98	1,98	0,0001	13,17/8,99
	70%	40,28	0,0001	57,04/44,17	15,31	0,0001	23,75/18,49	6,93	0,0001	19,81/12,11
P5	20%	12,96	0,0001	54,61/23,06	4,88	0,0001	21,08/11,33	4,56	0,0001	15,24/9,28
	70%	45,36	0,86	61,11/63,17	17,06	0,002	22,05/25,65	15,97	0,0891	19,28/18,79
P6	20%	9,56	0,0001	39,47/12,57	5,41	0,0001	16,29/9,72	2,31	0,0001	14,5/6,37
	70%	33,47	0,0001	51,47/36,99	18,93	0,13	21,43/23,37	8,07	0,0001	18,51/10,44
P7	20%	11,69	0,0001	27,9/17,73	4,76	0,0001	19,88/14,54	3,52	0,012	11,74/10,54
	70%	40,09	0,0001	34,88/54,83	16,67	0,0001	27,13/19,37	12,31	0,0006	15,14/17,63
P8	20%	12,88	0,0001	34,78/16,21	4,02	0,0001	18,64/10,49	2,79	0,0001	12,9/7,53
	70%	45,09	0,0001	60,15/48,08	14,06	0,0001	23,97/16,95	9,78	0,0001	21,2/12,69
P9	20%	12,22	0,0001	38,05/16,16	4,7	0,0001	15,25/7,45	3,91	0,549	15,49/15,75
	70%	42,76	0,0001	61,68/44,34	16,46	0,0001	27,21/16,85	13,70	0,0001	23,11/15,58
P10	20%	10,12	0,0001	36,47/14,67	5,29	0,0001	16,66/9,71	4,10	0,612	9,75/9,59
	70%	35,42	0,0001	66,59/38,08	18,51	0,041	23,12/21,34	14,34	0,885	18,27/18,4
P11	20%	15,52	0,0001	40,6/20,22	4,99	0,0001	13,22/7,88	4,12	0,0001	11,36/9,14
	70%	54,32	0,0001	49,43/57,94	17,45	0,0001	26,45/19,9	14,43	0,099	18,63/17,25
P12	20%	15,14	0,0001	38,57/18,65	4,51	0,0001	14,49/9,16	5,43	0,0001	13,09/8,42
	70%	53,00	0,0001	61,82/51,16	15,78	0,0001	23,29/18,53	19,01	0,107	20,39/19,76

**Table 3** – Statistical comparisons of sound alert effectiveness at respective displacements of 20% and 70% in each OEEs.

Table 4 presents the number of series with displacement accuracy up to 20% and 70%, performed by the participants, both with sound alert (CS) and without sound alert (SS).

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	Total
<b>CS</b>	3	5	3	6	3	5	4	6	5	4	5	5	<b>54</b>
<b>SS</b>	3	0	2	0	1	0	2	0	0	0	0	0	<b>8</b>
<b>No statistical difference</b>	0	1	1	0	2	1	0	0	1	2	1	1	<b>10</b>

**Table 4** – Total number of series with better displacement accuracy (up to 20% and 70%), performed by the participants, both with sound alert (CS) and without sound alert (SS).

## Discussion

OGs were installed by public authorities to mitigate the consequences of a sedentary lifestyle<sup>10, 11</sup>. These facilities are located in easily accessible public areas and are equipped with various devices designed for different exercises targeting multiple body parts and targeting diverse audiences<sup>27</sup>. However, despite the availability of this equipment, public bodies did not provide specialized professionals to monitor users on-site. This fact is significant because improper exercise practices can have detrimental effects on individuals<sup>3, 4</sup>. Activity programs carried out routinely using outdoor exercise equipment with isolated or combined resistance, have been shown to significantly improve upper body muscular strength and/or endurance and physical function compared to the control group<sup>26</sup>. Therefore, this study aims to present an initial solution to the problem of lack of professionals in OGs locations using movement control and monitoring using an accelerometer and alerts with and without sound provided by the SMMAR-T application<sup>19</sup>.

In this context, Emberson *et al.* (2021) demonstrated that professionally guided physical activity interventions, when compared to unguided exercise activities, effectively improved physical and physiological health outcomes for individuals<sup>28</sup>. In another study, Tenford *et al.* (2020) analyzed the effectiveness of telerehabilitation for stroke survivors and concluded that face-to-face therapy should not be entirely replaced by exclusively remote therapy, due to potential accessibility and application usage issues, regarding its complexity<sup>29</sup>. Furthermore, MA *et al.* (2011) demonstrated that remote monitoring significantly improved pain, mobility, and electromyographic data for selected muscles in the cervical and shoulder areas in a work environment<sup>30</sup>.

Regarding the use of mobile phone applications, Abadiyan *et al.* (2021) investigated the use of these systems in smartphones for alerting users to perform exercises associated with global postural reeducation techniques, finding improvements in relieving non-specific neck pain, increasing quality of life and greater body movements when compared to the control group<sup>31</sup>. Rodríguez Sánchez-Laulhé *et al.* (2022) found that the CareHand app's self-management improved the hand function of rheumatoid arthritis sufferers<sup>32</sup> and, in the same vein, technological devices with self-management functions can be effectively applied to the treatment of non-communicable diseases<sup>33</sup> and medication adherence<sup>34</sup>.

Therefore, in this study, individual activity plans were established for each movement modality using three OEE, with and without a sound alert according to the angulation of 20% and 70% of the maximum amplitude achieved individually. This aspect is crucial, because the importance of analyzing the precision with which individuals achieve the values defined by the specialists directly impacts the accuracy and effectiveness of physical activities performed<sup>20, 25</sup>.

The equipment selection and the purpose of each exercise, as indicated by the guidance panels in the OGs, guided the collection procedures. Notably, all procedures, including procedural guidance, physical examinations, and stretching, were conducted by the physiotherapist researcher, ensuring consistency and care.

Regarding the smartphone positioning in the OEEs, it is important to note that all equipment is metal-based, ensuring structural integrity and preventing deformation<sup>4</sup>. Thus, each OEE is made up of an axis of greater relevance in the movement performed and, therefore, the smartphone was positioned in said locations to provide more accurate measurement of movements<sup>23, 24</sup>.

The R2 coefficient of determination was used in this study to assess the correlation of similarity between movement curves and the closer the value is to 1, the greater the similarity<sup>38</sup>. Therefore, Tables 2 and 3 showed R2 above 0.89 and these values indicated high similarities between the experimental and modeled curves, as well as adequate standardization of the movements performed, demonstrating homogeneity between the tests.

Vicenzi's<sup>24</sup> study assessed shoulder movements using a computer and a smartphone accelerometer. The researcher analyzed the biomechanical behavior of dislocations performed in a special physical examination regarding shoulder surgery and obtained a Coefficient of Determination with averages greater than 0.79. This Coefficient of Determination value is considered to be high, as the tests were carried out on human beings who have significant morphofunctional differences. In engineering, comparisons using R2 are accepted with values above 0.7<sup>24</sup>.

It is therefore worth noting that the R2s found in this study were more than 98% above 0.95, and the lower limit result was 0.89.

In this study, the sound alert proved more effective in guiding accurate movement performance, because when analyzing this scenario, it was possible to statistically detect that in 72 series of physical activities carried out by the subjects, 54

achieved more precise angle displacement results with the use of the sound alert, while in 10 there were no statistical differences and in eight the SS was superior to the CS. With regard to the mean amplitudes obtained by the subjects while using the ApAALs, in OEE 3, the accuracy of the subjects in the activity modality with sound alert was 14 series closer to the desired amplitudes of 20% and 70%, and seven times there were no statistical differences when CS or SS were used. In this respect, during the researcher's observation of the physical activities, he noted that these results were possibly due to the reduced angular measurements requested, especially the 20%, as this percentage implies an angular displacement of 3 to 6 degrees, which is difficult to perform. It is also worth mentioning that due to the subject's position when performing movements on this apparatus, knee extension was greatly reduced, possibly limiting accuracy. It is also worth noting that muscle overload or fatigue are limitations to physical activity performance, since movement with greater precision, but with lesser degrees of movement, becomes more difficult due to the ability of the muscle group to maintain a certain amount of work and energy over time<sup>37</sup>.

Therefore, this research suggests that the SMMAR-T sound alert can initially and positively refine physical activities in the OGs, aiding users in performing exercise as recommended by the specialist professionals.

### **Conclusions**

The use of the accelerometer and the SMMAR-T sound alert installed on a smartphone during physical activities in OEEs proved effective in mapping the biomechanical movement patterns and improving movement accuracy without the presence of a healthcare professional.

### **Conflicts of Interest**

The authors declares that the research was conducted without any commercial or financial relationships that could be interpreted as a potential conflict of interest.

### **Acknowledgement**

This research did not receive any specific funding from public, commercial or non-profit sectors.

### **References**

1. Freire RS, Lélis FL de O, Fonseca Filho JA da, Nepomuceno MO, Silveira MF. Prática regular de atividade física: estudo de base populacional no Norte de Minas Gerais, Brasil. Rev Bras Med Esporte. outubro de 2014;20:345–9.

2. Organização panamericana de saúde. Novas diretrizes sobre atividade física e comportamento. Disponível em: <<https://www.paho.org/pt/noticias/26-11-2020-oms-lanca-novas-diretrizes-sobre-atividade-fisica-e-comportamento-sedentario>>. Acesso em: 13 de maio de 2022.
3. Silva RS, Silva ID, Silva RAD, Souza L, Tomasi E. Atividade física e qualidade de vida. *Ciênc saúde coletiva*. janeiro de 2010;15(1):115–20.
4. Cohen DA, Han B, Nagel C, Harnik P, McKenzie TL, Evenson KR, *et al*. The First National Study of Neighborhood Parks. *Am J Prev Med*. outubro de 2016;51(4):419–26.
5. Duarte VDS, Santos MLD, Rodrigues KDA, Ramires JB, Arêas GPT, Borges GF. Exercícios físicos e osteoartrose: uma revisão sistemática. *Fisioter mov*. março de 2013;26(1):193–202.
6. Cohen DA, Han B, Nagel C, Harnik P, McKenzie TL, Evenson KR, *et al*. The First National Study of Neighborhood Parks. *Am J Prev Med*. outubro de 2016;51(4):419–26.
7. Kolchraiber FC, De Souza Rocha J, Jovê César D, De Oliveira Monteiro O, Andrade Frederico G, Antar Gamba M. Nível de atividade física em pessoas com diabetes mellitus tipo 2. *Rev Cuid*. 4 de maio de 2018;9(2):2105–16.
8. Costa AC de O, Duarte YA de O, Andrade FB de. Síndrome metabólica: inatividade física e desigualdades socioeconômicas entre idosos brasileiros não institucionalizados. *Revista Brasileira de Epidemiologia* [Internet]. 1º de janeiro de 2020 [citado 15 de maio de 2023]; Disponível em: <https://www.scienceopen.com/document?vid=5b4301e7-9aed-4f5f-90c6-b537ed893145>

9. Lee JLC, Lo TLT, Ho RTH. Understanding Outdoor Gyms in Public Open Spaces: A Systematic Review and Integrative Synthesis of Qualitative and Quantitative Evidence. *Int J Environ Res Public Health*. 25 de março de 2018;15(4):590.
10. Esteves J V D C. *et al.* O uso de academias da terceira idade por idosos modifica parâmetros morfofuncionais? *Acta Scientiarum. Health Science*, v. 34, n. 1, p. 31–38, 2012.
11. Mathias N G. *et al.* Motivos para a prática de atividades físicas em uma academia ao ar livre de Paranaguá-PR. *Rev. Bras. Cienc. Esporte*. 41(2): 222-228, 2019.
12. Aparicio EH. Study biosaludables circuits for seniors in Spain: A study of geriatric parks for erderly people in Spain. *Int. J. Med. Sci. Phys. Act. Sport*, 9:25–38, 2009.
13. Levinger P. *et al.* Guidance about age-friendly outdoor exercise equipment and associated strategies to maximise usability for older people. *Health Promotion Journal of Australia*, v. 32, n. 3, p. 475–482, 2021.
14. Gutiérrez-Santiago A, Paramés-González A, Prieto-Lage I. Effect of Teaching Method on Exercise Execution in Adolescents' Use of Outdoor Fitness Equipment. *Percept Mot Skills*. 1º de agosto de 2022;129(4):1302–20.
15. Chow, H W. Mowen, AJ. Wu, GL. Who is using outdoor fitness equipment and how? The case of Xihu Park. *Int. J. Environ. Res. Public Health*.14:448, 2017.
16. Brown G. Schebella MF. Weber D. Using participatory GIS to measure physical activity and urban park benefits. *Landscape and Urban Planning*, v. 121, p. 34–44, 1 jan. 2014
17. Souza C. *et al.* Perfil dos frequentadores e padrão de uso das academias ao ar livre em bairros de baixa e alta renda de Curitiba-PR. *Revista Brasileira de Atividade Física & Saúde*, v. 19, 2014.

18. Sasaki J. *et al.* Orientações para utilização de acelerômetros no Brasil. Revista Brasileira de Atividade Física & Saúde, [S. l.], v. 22, n. 2, p. 110–126, 2017. Disponível em: <https://rbafs.org.br/RBAFS/article/view/7452>. Acesso em: 12 jun. 2022.
19. Huei, HD. *et al.* SMMAR-T - Sistema de Monitoramento de Movimentos e Análise Remota em Telemedicina. Titular: Universidade Estadual de Campinas e Universidade Estadual do Oeste do Paraná. BR512020000583-7. Depósito: 07 Jan. 2020. Concessão: 31 Mar. 2020.
20. Antonio, B. De A. Teruya, TT. Mochizuki L. Uso do acelerômetro e giroscópio no monitoramento de movimento: uma avaliação comparativa por meio de unidade inercial e smartphone. Revista Brasileira de Educação Física e Esporte, [S. l.], v. 34, n. 3, p. 429-436, 2020. Available at: <https://www.revistas.usp.br/rbefe/article/view/175255>. Accessed on: june 12<sup>th</sup>, 2022.
21. Migueles JH, Cadenas-Sanchez C, Ekelund U, Delisle Nyström C, Mora-Gonzalez J, Löf M, *et al.* Accelerometer Data Collection and Processing Criteria to Assess Physical Activity and Other Outcomes: A Systematic Review and Practical Considerations. Sports Med. september 2017;47(9):1821–45.
22. Wu, F.C. *et al.* Método para monitorar e analisar movimentos de articulações e de partes do corpo. Status: Patent pending. INPI BR 10 2019 015290 7. 24 de jul. 2019.
23. Ensina LA, Lee HD, Maciel M, Spolaôr N, Takaki WSR, Coy CSR, *et al.* Sistema Computacional Web para o Monitoramento de Movimentos em Tempo Real “Computacional Web system for real time monitoring of movements”. Journal of Health Informatics [Internet]. 2020 [quoted on may 16<sup>th</sup>, 2023];12. Available at: <https://jhi.sbis.org.br/index.php/jhi-sbis/article/view/813>
24. Vicenzi G. Análise biomecânica-computacional de movimentos do ombro por meio do uso de acelerômetro. Biomechanical computer analysis of shoulder movements by the use of accelerometer [Internet]. June 7<sup>th</sup>, 2019 [quoted on may 16<sup>th</sup>, 2023]; Available at: <https://tede.unioeste.br/handle/tede/4672>

25. Rodrigues MA. Análise computacional da biomecânica de movimentos da região toracolombar da coluna vertebral por meio de acelerômetro. Computacional analysis of biomechanics movements in the thoracolombar region of the spine by accelerometer [Internet]. August 21<sup>th</sup> , 2020 [quoted on may 16<sup>th</sup> 2023]; Available at: <https://tede.unioeste.br/handle/tede/5123>
26. Kim DI. *et al.* Six weeks of combined aerobic and resistance exercise using outdoor exercise machines improves fitness, insulin resistance, and chemerin in the Korean elderly: A pilot randomized controlled trial. Archives of Gerontology and Geriatrics. March 1<sup>st</sup>, 2018; 75:59–64.
27. Jansson AK, Lubans DR, Smith JJ, Duncan MJ, Haslam R, Plotnikoff RC. A systematic review of outdoor gym use: Current evidence and future directions. J Sci Med Sport. december 2019;22(12):1335–43.
28. Emberson MA, Lalande A, Wang D, McDonough DJ, Liu W, Gao Z. Effectiveness of Smartphone-Based Physical Activity Interventions on Individuals' Health Outcomes: A Systematic Review. Biomed Res Int. 2021;2021:6296896.
29. Tenforde AS, Zafonte R, Hefner J, Iaccarino MA, Silver J, Paganoni S. Evidence-Based Physiatry: Efficacy of Home-Based Telerehabilitation Versus In-Clinic Therapy for Adults After Stroke. Am J Phys Med Rehabil. August 2020;99(8):764–5.
30. Ma, C, Szeto GP, Yan T, Wu S, Lin C, Li L. Comparing biofeedback with active exercise and passive treatment for the management of work-related neck and shoulder pain: a randomized controlled trial. Arch Phys Med Rehabil. June 2011;92(6):849–58.
31. Abadiyan F, Hadadnezhad M, Khosrokiani Z, Letafatkar A, Akhshik H. Adding a smartphone app to global postural re-education to improve neck pain, posture, quality of life, and endurance in people with nonspecific neck pain: a randomized controlled trial. Trials. April 12<sup>th</sup>, 2021; 22: 274.

32. Rodríguez Sánchez-Laulhé P, Luque-Romero LG, Barrero-García FJ, Biscarri-Carbonero Á, Blanquero J, Suero-Pineda A, *et al.* A Exercise and Educational Self-management Program Delivered With a Smartphone App (CareHand) in Adults With Rheumatoid Arthritis in the Hands: Randomized Controlled Trial. *JMIR Mhealth Uhealth*. April 7<sup>th</sup>, 2022;10(4):e35462.
33. Cheah KJ, Abdul Manaf Z, Fitri Mat Ludin A, Razalli NH, Mohd Mokhtar N, Md Ali SH. Mobile Apps for Common Noncommunicable Disease Management: Systematic Search in App Stores and Evaluation Using the Mobile App Rating Scale. *JMIR Mhealth Uhealth*. March 12<sup>th</sup>, 2024;12:e49055.
34. Tabi K, Randhawa AS, Choi F, Mithani Z, Albers F, Schnieder M, *et al.* Mobile Apps for Medication Management: Review and Analysis. *JMIR Mhealth Uhealth*. September 11<sup>th</sup>, 2019;7(9):13608.
35. Migueles JH, Cadenas-Sanchez C, Ekelund U, Delisle Nyström C, Mora-Gonzalez J, Löf M, *et al.* Accelerometer Data Collection and Processing Criteria to Assess Physical Activity and Other Outcomes: A Systematic Review and Practical Considerations. *Sports Med*. september 2017;47(9):1821–45.
36. Enoka RM, Duchateau J. Translating Fatigue to Human Performance. *Med Sci Sports Exerc*. November 2016;48(11):2228–38.
37. Chicco D, Warrens MJ, Jurman G. The coefficient of determination R-squared is more informative than SMAPE, MAE, MAPE, MSE and RMSE in regression analysis evaluation. *PeerJ Comput Sci*. 2021;7:e6

## 6. ANEXOS

### 6.1 Anexo 1 – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.



CONEP em 04/08/2000

#### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO - TCLE

Título do Projeto: Análise e monitoramento à distância de movimentos realizados em aparelhos de academia ao ar livre por meio de acelerômetro

Certificado de Apresentação para apreciação Ética – “CAAE” N°

Pesquisador para contato: Fernando Bednarski

Telefone: (46) 991384244

Endereço de contato (Institucional): UNIOESTE – Francisco Beltrão

Convidamos você (Nome do Participante) a participar de nossa pesquisa que tem o objetivo de analisar o comportamento biomecânico dos movimentos de segmentos corporais em aparelhos de academia ao ar livre através do uso de *smartphone* com aplicativo com acelerômetro.

Nós esperamos, com este estudo, poder desenvolver uma nova abordagem para medir o grau de mobilidade envolvido durante a realização de exercícios assim como auxiliar na orientação de forma remota pelo profissional da área do movimento, utilizando um celular. Para tanto, será realizado um exame físico pelo pesquisador através do uso de testes específicos e coleta de dados por questionário. O tempo para a realização desse exame é de aproximadamente 15 minutos. Se porventura em alguma testagem existir presença de dor ou qualquer tipo de limitação de movimento, o avaliador deve ser avisado. Após a confirmação da normalidade anatômica por esses exames serão realizadas manobras para o posicionamento de um celular em regiões distintas dos segmentos corporais. Os movimentos realizados se caracterizarão de acordo com os movimentos realizados nos 5 aparelhos escolhidos e existentes nas praças. Durante a execução do projeto, o participante apresentará exposição a mínimos riscos tais como constrangimento durante o exame físico, pois em nenhum momento o sujeito estará sem as vestimentas previamente informadas (Vestuário caracterizado pelo avental de utilização em pacientes com abertura posterior e, na vestimenta interior, traje de exercício físico). No caso de ocorrer possíveis constrangimentos, o pesquisador poderá prestar atendimento e finalizar o exame físico, assim como o sujeito poderá abandonar em qualquer momento da pesquisa, se esta for a sua vontade.

1 - Se ocorrer algum transtorno, decorrente de sua participação (e/ou de seu filho(a)) em qualquer etapa desta pesquisa, nós pesquisadores, providenciaremos acompanhamento e a assistência imediata, integral e gratuita. Havendo a ocorrência de danos, previstos ou não, \*comprovadamente decorrentes de sua participação nesta pesquisa, caberá a você, na forma da Lei, o direito de solicitar a respectiva indenização.

2 - Caso você precise informar algum fato decorrente de sua participação nesta pesquisa, ou se sentir desconfortável em procurar o pesquisador para resolver algum problema decorrente da pesquisa, você poderá recorrer ao Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da UNIOESTE (CEP), de segunda a sexta-feira, no horário de 08:00 às 15:30 h, na Reitoria da UNIOESTE, sala do Comitê de Ética, PRPPG, situado na rua Universitária, 1619. Bairro Universitário, Cascavel. PR. Caso prefira, você também poderá acessar o CEP Unioeste via Internet pelo e-mail: cep.prppg@unioeste.br ou pelo telefone (45) 3220-3092.

Sua identidade não será divulgada e seus dados serão tratados de maneira sigilosa, sendo utilizados apenas para fins científicos. Você também não pagará nem receberá para participar do estudo. Além disso, você poderá cancelar sua participação na pesquisa a qualquer momento. No caso de dúvidas ou da necessidade de relatar algum acontecimento, você pode contatar os pesquisadores pelos telefones mencionados acima ou o Comitê de Ética pelo número 3220-3092. Este documento será assinado em duas vias, sendo uma delas entregue ao sujeito da pesquisa.

Declaro estar ciente do exposto e desejo participar do projeto da pesquisa. Declaro que entendi os objetivos, benefícios e riscos da minha participação e que compreendi todas as informações prestadas. O pesquisador me informou que o projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa com seres humanos da UNIOESTE.

Declaro estar ciente do exposto e desejo participar do projeto da pesquisa. Declaro que entendi os objetivos, benefícios e riscos da minha participação e que compreendi todas as informações prestadas. O pesquisador me informou que o projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa com seres humanos da UNIOESTE.

\_\_\_\_\_  
**(Assinatura)**

\_\_\_\_\_  
**(Nome do sujeito de pesquisa)**

Eu, Fernando Bednarski, declaro que forneci todas as informações a respeito do projeto ao participante.

Assinatura do pesquisador

Francisco Beltrão, de de 2022.

## 6.2 – Anexo 2 – Protocolo de Controle de Coleta de Dados

### Protocolo de controle de coleta de dados usado durante pesquisa:

*ANÁLISE E MONITORAMENTO À DISTÂNCIA DE MOVIMENTOS REALIZADOS EM APARELHOS DE ACADEMIA AO AR LIVRE POR MEIO DE ACELERÔMETRO*

Nome: \_\_\_\_\_ Indivíduo - \_\_\_\_\_

Idade: \_\_\_\_\_ Sexo: ( ) Masc ( ) Fem

Peso: \_\_\_\_\_ Kg Estatura: \_\_\_\_\_ cm

Lateralidade: ( ) Direita ( ) Esquerda Modalidade Profissional: \_\_\_\_\_

Endereço: \_\_\_\_\_ Num \_\_\_\_\_

Cidade: \_\_\_\_\_

Tabagismo: ( ) sim ( ) não Quanto tempo: \_\_\_\_\_

Pratica Atividades Físicas: ( ) sim ( ) não Quanto tempo: \_\_\_\_\_

#### 1. Posicionamento e Gravação

(2,3 m distância; 1 m alt)

#### 2. Fixação e iniciação do SMART

Aparelho 1 – Simulador de Cavalgada

Aparelho 2 – Simulador de Esqui

Aparelho 3 – Pressão de Pernas

#### 3. Iniciação dos Movimentos: (Primeira Coleta) Data \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

#### Aparelho 1 – Simulador de Cavalgada

Seis segundos cada ciclo, sendo três segundos até a amplitude estipulada e três segundos até o retorno da amplitude.

1 Simulador de Cavalgada - 100% - Indivíduo \_\_\_\_\_

Deslocamento (%)	Período	Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 3	Ciclo 4	Ciclo 5	Ciclo 6	Ciclo 7	Ciclo 8	Ciclo 9	Ciclo 10
100	1										
100	2										
100	3										

#### Aparelho 2 – Simulador de Esqui

Oito segundos cada ciclo, sendo quatro segundos para cada deslocamento anterior de perna.

2 Simulador de Esqui - 100% - Indivíduo - \_\_\_\_\_

Deslocamento (%)	Período	Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 3	Ciclo 4	Ciclo 5	Ciclo 6	Ciclo 7	Ciclo 8	Ciclo 9	Ciclo 10
100	1										
100	2										
100	3										

#### Aparelho 3 – Pressão de Pernas

Seis segundos cada ciclo, sendo três segundos até a amplitude estipulada e três segundos até o retorno da amplitude.

3 Pressão de Pernas - 100% - Indivíduo - \_\_\_\_\_

Deslocamento (%)	Período	Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 3	Ciclo 4	Ciclo 5	Ciclo 6	Ciclo 7	Ciclo 8	Ciclo 9	Ciclo 10
100	1										
100	2										
100	3										

4. Iniciação dos Movimentos: (Segunda Coleta) Data     /     /    

**Aparelho 1 – Simulador de Cavalgada**

Seis segundos cada ciclo, sendo três segundos até a amplitude estipulada e três segundos até o retorno da amplitude.

1.0 Simulador de Cavalgada - 20% - (Sem Som) Indivíduo \_\_\_\_\_

Deslocamento (%)	Período	Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 3	Ciclo 4	Ciclo 5	Ciclo 6	Ciclo 7	Ciclo 8	Ciclo 9	Ciclo 10
20	1										
20	2										
20	3										

2.0 Simulador de Cavalgada - 20% - (Com Som) Indivíduo \_\_\_\_\_

Deslocamento (%)	Período	Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 3	Ciclo 4	Ciclo 5	Ciclo 6	Ciclo 7	Ciclo 8	Ciclo 9	Ciclo 10
20	1										
20	2										
20	3										

3.0 Simulador de Cavalgada - 70% - (Sem Som) Indivíduo \_\_\_\_\_

Deslocamento (%)	Período	Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 3	Ciclo 4	Ciclo 5	Ciclo 6	Ciclo 7	Ciclo 8	Ciclo 9	Ciclo 10
70	1										
70	2										
70	3										

4.0 Simulador de Cavalgada - 70% - (Com Som) Indivíduo \_\_\_\_\_

Deslocamento (%)	Período	Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 3	Ciclo 4	Ciclo 5	Ciclo 6	Ciclo 7	Ciclo 8	Ciclo 9	Ciclo 10
70	1										
70	2										
70	3										

**Aparelho 2 – Simulador de Esqui**

Oito segundos cada ciclo, sendo quatro segundos para cada deslocamento anterior de perna.

5.0 Simulador de Esqui - 20% - (Sem Som) Indivíduo \_\_\_\_\_

Deslocamento (%)	Período	Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 3	Ciclo 4	Ciclo 5	Ciclo 6	Ciclo 7	Ciclo 8	Ciclo 9	Ciclo 10
20	1										
20	2										
20	3										

6.0 Simulador de Esqui - 20% - (Com Som) Indivíduo \_\_\_\_\_

Deslocamento (%)	Período	Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 3	Ciclo 4	Ciclo 5	Ciclo 6	Ciclo 7	Ciclo 8	Ciclo 9	Ciclo 10
20	1										
20	2										
20	3										

7.0 Simulador de Esqui - 70% - (Sem Som) Indivíduo \_\_\_\_\_

Deslocamento (%)	Período	Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 3	Ciclo 4	Ciclo 5	Ciclo 6	Ciclo 7	Ciclo 8	Ciclo 9	Ciclo 10
70	1										
70	2										
70	3										

8.0 Simulador de Esqui - 70% - (Com Som) Indivíduo \_\_\_\_\_

Deslocamento (%)	Período	Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 3	Ciclo 4	Ciclo 5	Ciclo 6	Ciclo 7	Ciclo 8	Ciclo 9	Ciclo 10
70	1										
70	2										
70	3										

**Aparelho 3 – Pressão de Pernas**

Seis segundos cada ciclo, sendo três segundos até a amplitude estipulada e três segundos até o retorno da amplitude.

9.0 Pressão de Pernas - 20% - (Sem Som) Indivíduo \_\_\_\_\_

Deslocamento (%)	Período	Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 3	Ciclo 4	Ciclo 5	Ciclo 6	Ciclo 7	Ciclo 8	Ciclo 9	Ciclo 10
20	1										
20	2										
20	3										

10.0 Pressão de Pernas - 20% - (Com Som) Indivíduo \_\_\_\_\_

Deslocamento (%)	Período	Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 3	Ciclo 4	Ciclo 5	Ciclo 6	Ciclo 7	Ciclo 8	Ciclo 9	Ciclo 10
20	1										
20	2										
20	3										

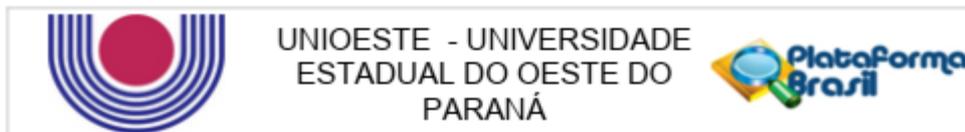
11.0 Pressão de Pernas - 70% - (Sem Som) Indivíduo \_\_\_\_\_

Deslocamento (%)	Período	Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 3	Ciclo 4	Ciclo 5	Ciclo 6	Ciclo 7	Ciclo 8	Ciclo 9	Ciclo 10
70	1										
70	2										
70	3										

12.0 Pressão de Pernas - 70% - (Com Som) Indivíduo \_\_\_\_\_

Deslocamento (%)	Período	Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 3	Ciclo 4	Ciclo 5	Ciclo 6	Ciclo 7	Ciclo 8	Ciclo 9	Ciclo 10
70	1										
70	2										
70	3										

## 6.3 ANEXO 3 – Parecer Consubstanciado do CEP



### PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

#### DADOS DA EMENDA

**Título da Pesquisa:** ANÁLISE E MONITORAMENTO À DISTÂNCIA DE MOVIMENTOS DE SEGMENTOS CORPORAIS REALIZADOS EM APARELHOS DE ACADEMIA AO AR LIVRE POR MEIO DE ACELERÔMETRO.

**Pesquisador:** Fernando Bednarski

**Área Temática:**

**Versão:** 3

**CAAE:** 61025722.3.0000.0107

**Instituição Proponente:** UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANA

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

#### DADOS DO PARECER

**Número do Parecer:** 5.708.052

**Apresentação do Projeto:**

Apresentação de Emenda

**Objetivo da Pesquisa:**

Conforme a orientação proposta na plataforma Brasil, com número de parecer 5697728 e CAE 61025722.3.0000.0107 para o estudo intitulado análise e monitoramento à distância de movimentos de segmentos corporais realizados em aparelhos de academia ao ar livre por meio de acelerômetro. Declaramos que realizamos a mudança proposta pela CONEP, sobre a área temática equipamentos e dispositivos terapêuticos novos ou registrados no Brasil, para área de saúde coletiva.

**Avaliação dos Riscos e Benefícios:**

Vide descrição anteriormente apresentada.

**Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:**

Vide descrição anteriormente apresentada.

Endereço: RUA UNIVERSITARIA 2069  
Bairro: UNIVERSITARIO CEP: 85.819-110  
UF: PR Município: CASCAVEL  
Telefone: (45)3220-3092 E-mail: cep.prppg@unioeste.br

## 6.4 Anexo 4 - Submissão do Artigo para a Revista Brazilian Journal of Physical Therapy

 Brazilian Journal of Physical Therapy <em@editorialmanager.com>      
Para: Você Sex, 14/06/2024 21:36

 Você encaminhou esta mensagem em Sex, 14/06/2024 21:37

 Esta mensagem está em Inglês

\*This is an automated message.\*

Analysis of the effectiveness of using an accelerometer to monitor body movements during exercise on outdoor equipment.

Dear Mr Bednarski,

We have received the above referenced manuscript you submitted to Brazilian Journal of Physical Therapy.

To track the status of your manuscript, please log in as an author at <https://www.editorialmanager.com/bjpt/>, and navigate to the "Submissions Being Processed" folder.

Thank you for submitting your work to this journal.

Kind regards,  
Brazilian Journal of Physical Therapy

More information and support

You will find information relevant for you as an author on Elsevier's Author Hub: <https://www.elsevier.com/authors>

## 6.5 Anexo 5 – Manuscript Draft

**Brazilian Journal of Physical Therapy**  
**Analysis of the effectiveness of using an accelerometer to monitor body movements**  
**during exercise on outdoor equipment.**  
 --Manuscript Draft--

Manuscript Number:	
Article Type:	Research Paper
Keywords:	Outdoor fitness equipment; Physical activity; Kinematics; Public health; Smartphone; Coefficient of determination
Corresponding Author:	Fernando Bednarski, State University of Western Parana - Francisco Beltao Campus Francisco Beltrão, Paraná BRAZIL
First Author:	Fernando Bednarski
Order of Authors:	Fernando Bednarski Wu Feng Chung Alexandre Peiter Ferraz Huel Diana Lee
Abstract:	<p><b>Background:</b> Physical inactivity is a public health problem and outdoor gyms (GO) encourage physical activity, but the absence of health professionals to guide the proper use of the equipment can have adverse effects on users.</p> <p><b>Objectives:</b> To analyze the monitoring of the biomechanical profile and the efficiency of audible alerts of body movements during exercises on outdoor exercise equipment (OEE) using an accelerometer and the System for Movement Monitoring and Remote Analysis in Telemedicine (SMMAR-T).</p> <p><b>Methods:</b> 12 healthy subjects were divided into Groups 1 (G1), 2 (G2) and 3 (G3). Data was collected using an accelerometer and a computer application installed on a smartphone positioned in three types of OEE (OEE 1 - Riding simulator, OEE 2 - Skiing simulator and OEE 3 - Leg press). Each individual was located at their maximum range of movement for each OEE, with audible alerts set in SMMAR-T at 20% and 70% of maximum angulation. Participants performed three sets of 10 movement cycles at each alert percentage. Data was compared using statistical analysis with a 95% confidence interval.</p> <p><b>Results</b> Statistical analysis revealed that physical activities in EEOs with audible alerts had greater accuracy in angular positioning for the amplitudes collected. Of the 72 series of physical activities checked, 54 had greater accuracy with sound alerts for 20% and 70% of displacements.</p> <p><b>Conclusion</b> The SMMAR-T sound alert system and accelerometer in physical activities in OEEs were effective in mapping body movements and movement accuracy, even when performed without the guidance of a qualified professional.</p>
Suggested Reviewers:	