

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"

FACULDADE DE CIÊNCIAS - CAMPUS BAURU

DEPARTAMENTO DE COMPUTAÇÃO

BACHARELADO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

MARIA VICTÓRIA BRITO VALENTIM

**DESENVOLVIMENTO DE UM JOGO SÉRIO COM CAPTURA DE
MOVIMENTOS PARA REABILITAÇÃO FISIOTERAPÊUTICA DE
PESSOAS COM FIBROMIALGIA**

BAURU

Novembro/2025

MARIA VICTÓRIA BRITO VALENTIM

**DESENVOLVIMENTO DE UM JOGO SÉRIO COM CAPTURA DE
MOVIMENTOS PARA REABILITAÇÃO FISIOTERAPÊUTICA DE
PESSOAS COM FIBROMIALGIA**

Trabalho de Conclusão de Curso do Curso
de Ciência da Computação da Universidade
Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”,
Faculdade de Ciências, Campus Bauru.
Orientador: Profa. Dra. Juliana da Costa Feitosa

BAURU
Novembro/2025

V155d

Valentim, Maria Victória Brito

Desenvolvimento de um jogo sério com captura de movimentos para reabilitação fisioterapêutica de pessoas com fibromialgia / Maria Victória Brito Valentim. -- Bauru, 2025

41 p. : il.

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Ciência da Computação) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências, Bauru

Orientadora: Juliana da Costa Feitosa

1. Jogos. 2. Fibromialgia. 3. Avatares (Realidade virtual). I. Título.

Maria Victória Brito Valentim

Desenvolvimento de um jogo sério com captura de movimentos para reabilitação fisioterapêutica de pessoas com fibromialgia

Trabalho de Conclusão de Curso do Curso de Ciência da Computação da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Faculdade de Ciências, Campus Bauru.

Banca Examinadora

Profa. Dra. Juliana da Costa Feitosa

Orientadora

Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho"

Faculdade de Ciências

Departamento de Computação

Profa. Dra. Simone das Graças Domingues Prado

Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho"

Faculdade de Ciências

Departamento de Computação

Prof. Dr. Antonio Carlos Sementille

Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho"

Faculdade de Ciências

Departamento de Computação

Bauru, 13 de novembro de 2025.

Agradecimentos

Gostaria de agradecer, primeiramente, à minha família, sobretudo aos meus pais, pelo apoio, amor incondicional e por sempre acreditarem no meu potencial.

Agradeço também aos meus amigos Grazi, Rafa, Leo e Júlia, que, mesmo à distância, estiveram sempre ao meu lado, e também aos novos amigos que logo se tornaram família, Kaio, Junqueira, Leonel, Rhayssa, Júlia, Beto, Vinchenzzo, Herminio, Mari, Bibar e tia Dri. Obrigada por terem me acompanhado e apoiado nesta jornada.

Expresso ainda minha gratidão à minha orientadora, professora Juliana, por ter aceitado participar deste projeto e por toda a paciência e dedicação, e também ao Luis, pelo apoio.

Por fim, agradeço a todos os professores que contribuíram para minha formação ao longo da graduação, em especial à professora Andrea e sua família, por todo o acolhimento.

"Mientras uno está vivo, uno debe amar lo más que pueda."

Baile inolvidable - Bad Bunny

Resumo

A fibromialgia é uma síndrome caracterizada pela dor musculoesquelética, que causa grande desconforto e compromete a qualidade de vida das pessoas que convivem com ela. Entre os tratamentos utilizados para amenizar seus sintomas destaca-se a cinesioterapia, que emprega a prática de atividades físicas como forma de reabilitação e tratamento. O uso de jogos sérios na área da saúde tem crescido significativamente, e seus benefícios vêm sendo amplamente investigados. Nesse contexto, o presente trabalho teve como objetivo o desenvolvimento de um jogo sério, nomeado *FibroQuest* que utiliza a captura de movimento como ferramenta de apoio ao tratamento fisioterapêutico da fibromialgia. Utilizando tecnologias atuais, como o *MediaPipe Pose* e *Unity3D* para o seu desenvolvimento, sendo capaz de demonstrar as possibilidades de uso destas tecnologias em jogos sérios, a fim de contribuir com a melhora na qualidade de vida das pessoas que convivem com a fibromialgia.

Palavras-chave: Jogos digitais, Jogos sérios, Captura de movimento, Fibromialgia.

Abstract

Fibromyalgia is a syndrome characterized by musculoskeletal pain that causes significant discomfort and compromises the quality of life of those who live with it. Among the treatments used to alleviate its symptoms, kinesiotherapy stands out, employing physical activities as a form of rehabilitation and treatment. The use of serious games in the healthcare field has grown significantly, and their benefits have been widely investigated. In this context, the present work aimed to develop a serious game, named FibroQuest, which uses motion capture as a tool to support the physiotherapeutic treatment of fibromyalgia. By employing modern technologies such as MediaPipe Pose and Unity3D in its development, the game demonstrates the potential applications of these technologies in serious games, contributing to the improvement of the quality of life of people living with fibromyalgia.

Keywords: Digital games, Serious games, Motion capture, Fibromyalgia.

Lista de figuras

Figura 1 – <i>Huawei IdeaHub</i>	18
Figura 2 – Menu principal	19
Figura 3 – Instruções de como jogar a primeira fase	19
Figura 4 – Instruções de como jogar a segunda fase	20
Figura 5 – Cena do primeiro desafio	20
Figura 6 – Pontos de referência do <i>MediaPipe Pose</i>	21
Figura 7 – Regra da mão esquerda e mão direita	22
Figura 8 – Avatar com o rig e os objetos âncora	24
Figura 9 – Fluxograma de funcionamento do script <i>LandmarkProcessor</i>	25
Figura 10 – Atividades propostas para sessão de fisioterapia	26
Figura 11 – Primeira fase em execução	27
Figura 12 – Fluxograma de funcionamento da primeira fase	28
Figura 13 – Fluxograma de funcionamento da segunda fase	31
Figura 14 – <i>Wii fit</i>	34
Figura 15 – <i>Ring fit adventure</i>	35
Figura 16 – Primeira trilha	36
Figura 17 – Segunda trilha	36
Figura 18 – Estação com os desafios	37

Lista de códigos

1	Função para conversão das coordenadas recebidas pelo (BlazePoseBarracuda)	21
2	Função para reposicionar as âncoras	23
3	Função para calcular o ângulo entre a cintura e a perna	29
4	Função para movimentar as plataformas	29
5	Função para verificar a pose	32
6	Função do tempo de espera para iniciar a captura	32

Lista de abreviaturas e siglas

ML	<i>Machine Learning</i>
MMC	<i>Markerless Motion Capture</i>
ONU	Organização das Nações Unidas
PC	<i>Personal Computer</i>
RV	Realidade Virtual
SBR	Sociedade Brasileira de Reumatologia
SG	<i>Serious Game</i>
SO	Sistema Operacional

Sumário

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	Problemática	13
1.2	Justificativa	13
1.3	Objetivos	14
1.3.1	Objetivo geral	14
1.3.2	Objetivos específicos	14
1.4	Organização do trabalho	14
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	15
2.1	Fibromialgia	15
2.2	Serious Games	15
2.3	Captura de movimentos	16
3	MATERIAIS E MÉTODOS	17
3.1	Desenvolvimento dos módulos	18
3.1.1	Módulo de interface do usuário	18
3.1.2	Módulo de captura de movimento	19
3.1.3	Módulo de exercícios	26
4	SOBRE O JOGO	34
4.1	Especificações técnicas	35
4.2	Jogabilidade	35
4.3	História	35
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	38
	REFERÊNCIAS	39

1 Introdução

Nas últimas décadas, o uso de tecnologias interativas tem se expandido para áreas além do entretenimento, como a educação, os treinamentos e a saúde. Os jogos sérios são jogos digitais desenvolvidos com propósitos que vão além do entretenimento, utilizando elementos lúdicos e interativos com finalidades educacionais, profissionais, terapêuticas ou de treinamento. Diferentemente dos jogos tradicionais, cujo principal objetivo é o lazer, os jogos sérios buscam promover aprendizado, conscientização ou desenvolvimento de habilidades, mantendo o engajamento e a motivação, típicos dos jogos. Inicialmente, foram amplamente utilizados na educação, buscando incentivar os alunos e despertar maior interesse pelos conteúdos abordados. No entanto, rapidamente essa abordagem se estendeu a outras áreas, como a saúde, na qual profissionais e pesquisadores passaram a desenvolver e estudar jogos sérios aplicáveis a tratamentos de problemas físicos e mentais, avaliando seu potencial de promover motivação e engajamento dos pacientes ao longo do processo terapêutico (DAMAŠEVIČIUS; MASKELIŪNAS; BLAŽAUSKAS, 2023). Segundo Favre, Cantaloube e Jolles (2023), o uso de jogos sérios em reabilitação de problemas musculoesqueléticos auxilia os médicos na aplicação de determinados exercícios, além de integrar a análise dos dados gerados durante a sessão para aprimorar o tratamento. Esses jogos também promovem adesão e acessibilidade às instruções médicas, além de reduzir custos e melhorar resultados clínicos, como foi demonstrado por Balista (2013), que mostrou analisar o uso de jogos sérios como método de tratamento e ferramenta de avaliação dos pacientes para auxiliar os profissionais da área. Outro trabalho que demonstra o potencial do uso dos jogos sérios na saúde foi o de Belotti et al. (2022), que teve como objetivo investigar o potencial de uso do *Microsoft Azure Kinect* no desenvolvimento de uma plataforma de telereabilitação para recuperação motora dos ombros. Nos resultados dos testes realizados, o projeto foi considerado promissor e interessante para o uso diário no processo de reabilitação.

Segundo a Sociedade Brasileira de Reumatologia (SBR), cerca de 15 milhões de brasileiros são acometidos por algum tipo de doença reumática, que se caracteriza por um grupo de enfermidades que afetam o aparelho locomotor, provocando dores e comprometimentos nas articulações (SBR, 2023). Dentre essas doenças destaca-se a fibromialgia, que, além de apresentar um diagnóstico complexo e de difícil identificação, não possui cura. Dessa forma, o tratamento visa o alívio dos sintomas por meio de abordagens farmacológicas e fisioterapêuticas. Um dos tratamentos utilizados é a cinesioterapia, que utiliza exercícios terapêuticos para reabilitar ou tratar problemas de saúde. De acordo com Matei et al. (2024) o uso da cinesioterapia como tratamento para a fibromialgia contribui para a redução dos níveis de ansiedade, estresse e depressão.

Segundo Duarte et al. (2025), a captura de movimento consiste na gravação e amos-

tragem de movimentos em dados tridimensionais. Essa tecnologia é amplamente utilizada em diversas áreas, como no entretenimento, por meio de efeitos visuais e animações, e na área da saúde, onde possibilita a obtenção de dados mais precisos e uma melhor visualização dos movimentos, proporcionando rapidez na coleta e redução de custos. Nesse contexto, o uso da captura de movimento em aplicações de tecnologia assistiva tem se expandido, oferecendo suporte significativo aos profissionais da área, como exemplificado no trabalho de Scudeletti (2021), em que foi desenvolvido um sistema que utiliza a captura para avaliação motora e neurofuncional de pacientes em reabilitação após um acidente vascular cerebral.

Com base no contexto apresentado, este trabalho propõe o uso de jogos sérios no tratamento fisioterapêutico da fibromialgia, utilizando *Markerless Motion Capture* (MMC) para realizar a captura de movimentos.

1.1 Problemática

Segundo a SBR, cerca de 3% da população brasileira convive com a fibromialgia, e dentre dez pacientes, cerca de sete a nove são mulheres (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2025). A síndrome afeta tanto o físico como o emocional da pessoa, impossibilitando a execução de tarefas consideradas rotineiras, além de não possuir uma cura ou um tratamento específico, podendo levar ao uso de diversos medicamentos para alívio das dores. Isso acarreta a longo prazo em uma falta de motivação para persistir no tratamento e um alto custo financeiro (KOCYIGIT; AKYOL, 2022).

Além da ausência de um tratamento, a falta de informações sobre a fibromialgia e a dificuldade de ser diagnosticada acaba levando seus pacientes a sofrerem preconceitos, como a descrença de familiares, amigos e até mesmo profissionais da saúde, afetando ainda mais o emocional do mesmo (COLOMBO et al., 2025).

1.2 Justificativa

O terceiro objetivo proposto pela Organização das Nações Unidas (ONU) para atingir um desenvolvimento sustentável até 2030 é "Assegurar uma vida saudável e promover o bem-estar para todas e todos, em todas as idades" (ASSEMBLÉIA GERAL DAS NAÇÕES UNIDAS, 2025).

Diversos métodos de tratamento são utilizados para tentar prover melhor qualidade de vida para aqueles que convivem com a fibromialgia, dentre eles, a Cinesioterapia que é a aplicação de diferentes exercícios estruturados feito de forma repetitiva e adaptada, a fim de preservar ou aprimorar o estado funcional do paciente (MATEI et al., 2024). Segundo a mesma pesquisa de Matei (2024), a partir desses exercícios, os pacientes demonstraram melhoras no bem estar funcional e emocional em conjunto com a redução das dores.

Jogos são atividades conhecidas por serem divertidas e os jogos sérios possuem como objetivo engajar os jogadores possibilitando que as atividades sérias sejam realizadas de forma prazerosa (DAMAŠEVIČIUS; MASKELIŪNAS; BLAŽAUSKAS, 2023). Portanto este trabalho se justifica ao propor uma forma lúdica de realizar o tratamento fisioterapêutico de fibromialgia, trazendo mais informações sobre a síndrome, gerando mais motivação e contribuindo com o bem-estar dos pacientes.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo geral

O objetivo deste trabalho foi desenvolver um jogo sério que utilize MMC para auxiliar no tratamento fisioterapêutico da fibromialgia.

1.3.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos deste trabalho foram:

- Compreender as abordagens de fisioterapia para o tratamento de fibromialgia;
- Desenvolver mecânicas que simulem os exercícios realizados em fisioterapia; e
- Compreender o funcionamento e desempenho do *MediaPipe Pose* para realizar captura de movimento;

1.4 Organização do trabalho

A estrutura do presente trabalho é composta por uma fundamentação das bases teóricas utilizadas para a execução do projeto, presentes no Capítulo 2. O Capítulo 3 descreve as ferramentas e métodos utilizados. Já no Capítulo 4 são apresentados os resultados obtidos a partir do que foi desenvolvido. Por fim, são discutidas a possibilidade da execução de novos trabalhos e as considerações finais.

2 Fundamentação teórica

Neste capítulo serão abordados alguns conceitos relevantes para uma melhor compreensão dos objetivos que levaram ao desenvolvimento deste trabalho.

2.1 Fibromialgia

A fibromialgia consiste em uma síndrome caracterizada por uma dor musculoesquelética não inflamatória generalizada e persistente. Dentre os sintomas característicos, estão a fadiga, distúrbios no sono, e alterações psicológicas como ansiedade e depressão, além da presença de pontos específicos dolorosos à palpação, conhecidos como *tender points* (GALVEZ-SÁNCHEZ; PASO, 2020). Esses sintomas dificultam a execução de tarefas simples e rotineiras, prejudicando a qualidade de vida das pessoas que convivem com ela. Sua etiologia (causa e origem), ainda é desconhecida, a hipótese mais recente sugere mudanças no gene neurotransmissor modulador da sensibilidade da dor, além de outros fatores como estresse físico e psicológico (ALVES et al., 2021).

Além das dificuldades diárias, existe a dificuldade do diagnóstico, que demanda tempo, pois os sintomas se confundem com outras enfermidades, atualmente, para que um reumatologista possa confirmar a presença da síndrome, é necessário que o paciente relate um histórico de dor pelo corpo por no mínimo três meses, e que seja constatada dor à palpação em pelo menos 11 dos 18 *tender points*. O tratamento varia entre o uso de fármacos, fisioterapia, suplementação e terapia cognitiva. Porém, o uso de um tratamento específico traz benefícios limitados, sendo mais comum a combinação entre tratamentos para tratar dos sintomas apresentados pelo paciente (SIRACUSA et al., 2021).

A prevalência da fibromialgia em mulheres é alta, afetando cerca de nove mulheres a cada homem, sendo mais frequente entre os 40 e 50 anos (COSTA; FERREIRA, 2023). Diversos estudos são realizados para compreender a eficácia no uso de tratamentos resistidos para mulheres com fibromialgia, e foi constatado que o uso de treinamentos de resistência promovem benefícios concretos em relação ao alívio da dor e à modulação autonômica (capacidade do sistema nervoso regular funções involuntárias do corpo), promovendo assim uma melhora na qualidade de vida e na função física das mulheres (SILVA et al., 2023).

2.2 Serious Games

Segundo Nakamura et al. (2020), os jogos são atividades com objetivos e regras bem definidos que proporcionam algum tipo de desafio ou conflito para os participantes, possuindo

como objetivo principal o entretenimento dos jogadores. Para isso, eles podem ser feitos de diversos meios, seja digital, por meio de plataformas eletrônicas ou físicos, por meio de tabuleiros, cartas, e entre outros. Para além do propósito de entreter, os jogos passaram a ser utilizados em outros cenários mais sérios, ganhando também um novo objetivo além do divertimento do usuário. Esse tipo de jogo, os *Serious Games* (SGs), são muito utilizados em treinamentos, simulações, indústrias e entre outras áreas. O uso de SGs tem se mostrado eficiente pois os jogos trazem maior motivação às pessoas, e pessoas bem motivadas geram resultados com mais qualidade e possuem uma taxa de aprendizado melhor, além de tornar o aprendizado da tarefa mais leve (KRATH; SCHÜRMAN; KORFLESCH, 2021). Na área da saúde, os SGs são amplamente utilizados para reabilitações no formato de *exergames*, jogos que combinam exercícios físicos com mecânicas encontradas em videogames, trazendo maior satisfação aos usuários já que torna o processo de reabilitação, que costuma ser exaustivo e repetitivo, em uma atividade lúdica, reduzindo o estresse e ansiedade, além de poder ser utilizado em pessoas de todas as idades (FAVRE; CANTALOUBE; JOLLES, 2023).

2.3 Captura de movimentos

Em ambientes de Realidade Virtual (RV), a sensação de imersão depende diretamente da capacidade do usuário de navegar e interagir com os objetos presentes no cenário. Para isso, são empregadas diferentes técnicas de interação, que podem envolver dispositivos físicos, como joysticks e controladores similares, ou controles virtuais, representados visualmente no ambiente digital. Além dessas abordagens, destaca-se a interação direta, na qual o corpo do usuário é utilizado como meio de interação com os objetos virtuais (PINHO et al., 2020).

A captura de movimentos é uma técnica que pode ser empregada como forma de interação direta, tendo como objetivo registrar informações de orientação e posição de um objeto ou ser vivo e transferi-las para um ambiente virtual. Para isso, podem ser utilizados dois tipos principais de sistemas, os ópticos, que obtêm os dados por meio de câmeras que observam o objeto em movimento, e os não ópticos, que dispensam o uso de câmeras e recorrem a dispositivos alternativos, baseados em sistemas mecânicos, eletromagnéticos ou inerciais (SCUDELETTI, 2021).

Dentre os sistemas ópticos, destacam-se aqueles que realizam a captura sem o uso de marcadores, conhecidos como *Markerless Motion Capture* (MMC). Esse tipo de sistema utiliza técnicas de visão computacional e algoritmos de reconhecimento de padrões para identificar e inferir os movimentos e poses do corpo em tempo real. O principal objetivo do uso de MMC é evitar as limitações do movimento, deixando-os mais naturais, além de ser uma forma mais acessível de se utilizar captura de movimentos (WT; MING; NK, 2023).

3 Materiais e métodos

Neste capítulo serão apresentados os métodos e ferramentas utilizadas para o desenvolvimento do jogo sério.

A *Unity3D*, ou apenas *Unity*, é uma plataforma interativa para desenvolvimento de interfaces e aplicações que utilizam de gráficos 2D e 3D (UNITY, 2025). Amplamente utilizada para o desenvolvimento de jogos multiplataforma pela sua facilidade e variedade de ferramentas que auxiliam a trazer maior imersão, qualidade gráfica e um melhor desempenho às aplicações. A escolha do uso desta *engine* se deu pela familiaridade e disponibilidade de uma biblioteca própria para inferência de redes neurais.

O *MediaPipe* é um *framework open source* que utiliza modelos de *Machine Learning* (ML) para disponibilizar soluções de texto, áudio e vídeo (LUGARESI et al., 2019). Dentre as soluções de vídeo, temos o *MediaPipe Pose*, uma rede neural convolucional que é capaz de identificar pontos de referência do corpo humano em imagens ou vídeos. A versão utilizada para este projeto foi o *BlazePose*, que foi construído especificamente para aplicações que envolvam captura de movimento em tempo real (BAZAREVSKY et al., 2020).

A integração entre a plataforma *Unity* e o *BlazePose* se deu por meio do *plugin BlazePoseBarracuda*¹, desenvolvido pela comunidade, pois as linguagens utilizadas pela plataforma e a tarefa de estimativa de pose são diferentes. O *plugin* permite que o *pipeline do BlazePose* seja integrado à *Unity barracuda*, uma biblioteca de inferência de rede neural multiplataforma, permitindo assim realizar a captura de movimento diretamente pela *engine*.

O *IdeaHub* (Figura 1) é uma lousa interativa desenvolvida pela empresa *Huawei* para reuniões online (HUAWEI, 2025). Sua escolha para o projeto se deve pela câmera de 55 mm com resolução 4K, além de possuir o sistema operacional *Windows 10 x64*, CPU com oito núcleos e uma memória RAM de 8 GB, que acaba proporcionando um bom ambiente para executar a aplicação sem grandes problemas de desempenho. A lousa foi escolhida pelo posicionamento da câmera, que consegue captar o corpo inteiro do usuário sem a necessidade de realizar ajustes de altura. Porém, o seu uso para o jogo não é essencial, pela disponibilidade da *Unity* de desenvolver aplicações multiplataformas, o jogo sério pode ser jogado por meio de qualquer dispositivo que possua uma câmera.

¹ Disponível em: <https://github.com/creativeIKEP/BlazePoseBarracuda>. Acesso em: 18 de novembro de 2025

Figura 1 – *Huawei IdeaHub*

Fonte: Huawei (2024)

3.1 Desenvolvimento dos módulos

Para a realização do trabalho, as etapas foram divididas em módulos para maior organização e praticidade, sendo eles o módulo de interface do usuário, captura de movimento e de exercícios.

3.1.1 Módulo de interface do usuário

O módulo de interface do usuário contém todo o conteúdo gráfico presente no jogo, como o menu inicial, as cenas das fases e os objetos utilizados para a construção dos cenários. Na Figura 2 é possível observar a tela inicial do jogo, que contém o nome, *FibroQuest*, e ao fundo uma imagem do início de uma trilha, indicando a ambientação do jogo. Além do título, o menu inicial possui três botões, centralizados na tela temos o botão de "Jogar" para avançar à primeira fase do jogo, o botão "Sair" para encerrar a aplicação, e no canto inferior direito da tela, o botão "?" que avança para a tela de instruções iniciais do jogo (Figura 3).

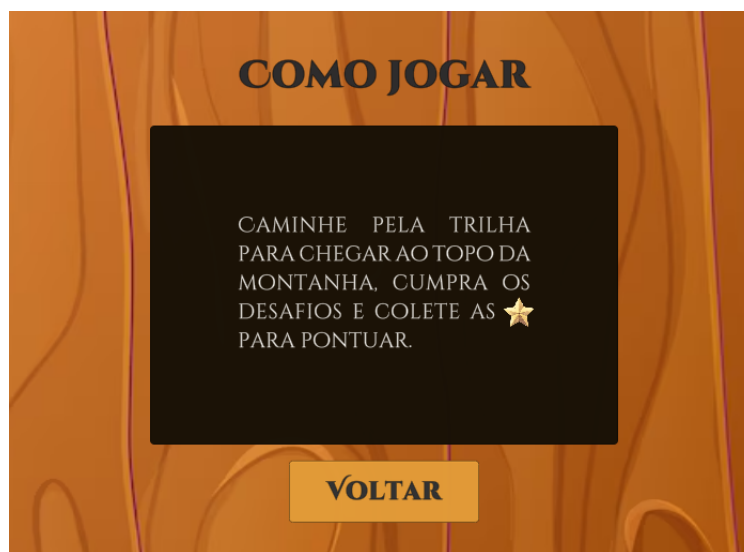
A Figura 4 apresenta a mecânica do primeiro desafio encontrado pelo jogador, cujo objetivo é fazer com que uma flor cresça. Para tal, é necessário executar o exercício de flexão da panturrilha que consiste em erguer o corpo com os pés. A cena (Figura 17) é composta pelo avatar centralizado no terreno, com um bloco de árvore contendo uma flor acima da cabeça. O bloco possui um *trigger* que ao colidir com outro objeto aciona o *script* responsável por aumentar a escala da flor e a pontuação da tela. Após serem realizadas dez repetições do exercício o jogador retorna a fase de caminhada, partindo para o próximo desafio.

Figura 2 – Menu principal



Fonte: Elaborada pela autora.

Figura 3 – Instruções de como jogar a primeira fase

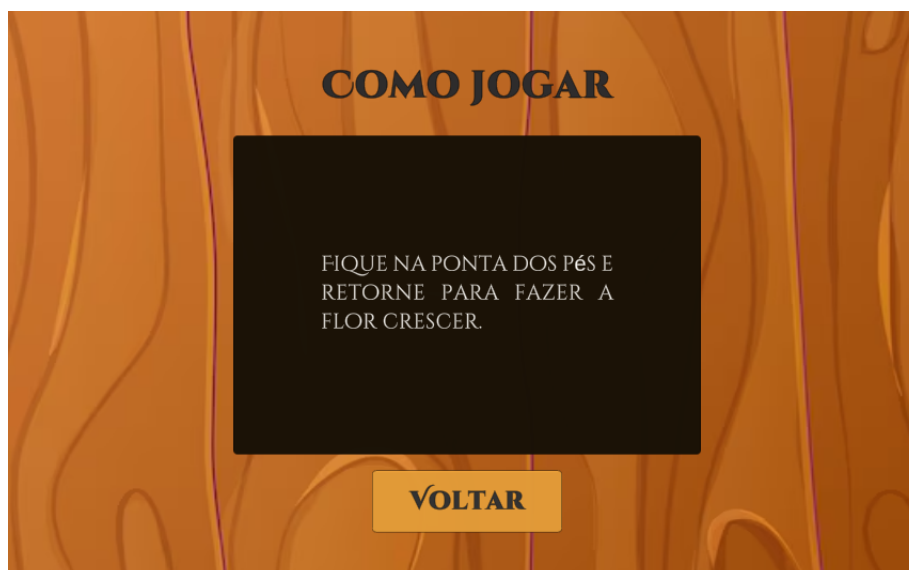


Fonte: Elaborada pela autora.

3.1.2 Módulo de captura de movimento

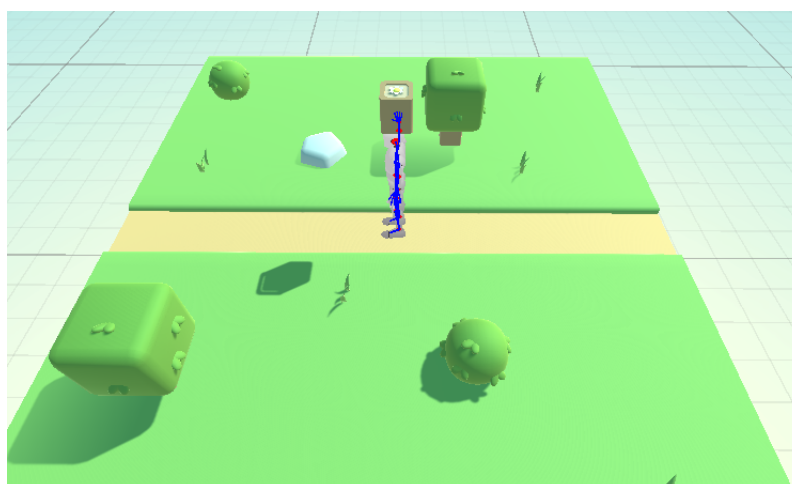
O módulo de captura de movimento, como o próprio nome sugere, consiste em capturar o movimento que o usuário realiza no mundo real e transferi-lo para o avatar no mundo virtual. Para isso, foi utilizado o *Animation rigging* (também conhecido como *Rig*), um pacote da *Unity* que auxilia na criação de uma estrutura esquelética para modelos tanto 2D quanto 3D, facilitando o processo de animação dos mesmos (UNITY, 2023a). Para realizar a captura, foram utilizados objetos que servem como âncora, cujas coordenadas recebidas pelo *BlazePoseBarracuda* são passadas para este objeto relacionado ao avatar, replicando o movimento.

Figura 4 – Instruções de como jogar a segunda fase



Fonte: Elaborada pela autora.

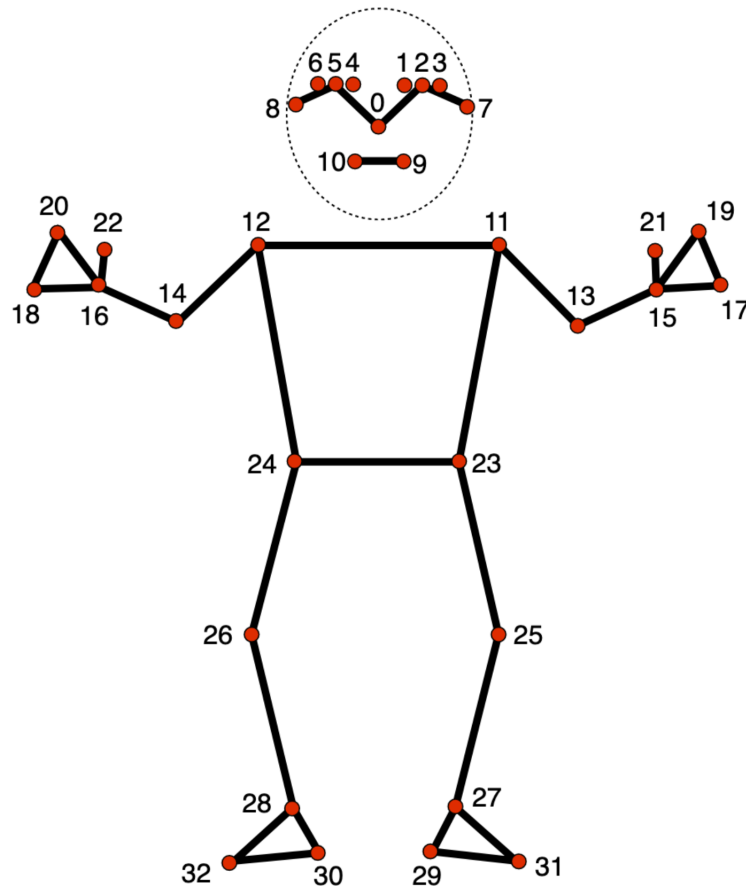
Figura 5 – Cena do primeiro desafio



Fonte: Elaborada pela autora.

Para realizar a captura de movimento foi utilizado o *plugin* do *BlazePoseBarracuda* que consiste em um pacote da *Unity* que consegue executar o *pipeline* do *MediaPipe Pose*, permitindo realizar estimativas de pose utilizando uma câmera. O *plugin* utiliza dois subpacotes, o *Pose Detection Barracuda* e *Pose Landmark Barracuda*, cujo primeiro executa a detecção de pose em uma imagem ou vídeo, e o segundo realiza o mapeamento completo da pose com uma estimativa de 33 pontos de referência, presentes na Figura 6 (CREATIVEIKEP, 2021).

Como parâmetros de entrada, o *MediaPipe Pose* pode receber uma imagem, vídeo, ou uma transmissão em tempo real, e devolve como saída um vetor de quatro dimensões, três valores para os eixos X, Y e Z respectivamente, e um valor W que indica a pontuação de previsão do ponto que varia entre zero e um, ou seja, o quanto aquele ponto está visível. Por meio desta saída, a tarefa é capaz de posicionar pontos de referência em coordenadas de

Figura 6 – Pontos de referência do *MediaPipe Pose*

Fonte: Google AI (2025)

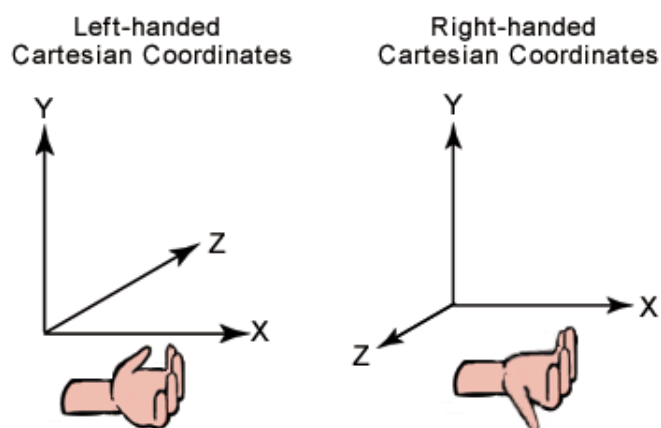
imagem já normalizadas, posicionar marcos em coordenadas mundiais e criar uma máscara de segmentação para a pose (LUGARESI et al., 2019).

Para este trabalho, a pontuação aceita foi no intervalo de W em $[0.5, 1]$. Ao ser iniciada, o *BlazePoseBarracuda* retorna as coordenadas de cada ponto de referência, e estes pontos são tratados e convertidos para as coordenadas da *Unity* por meio da função *ConvertLandmarksToUnity()*, presente no *script LandmarkProcessor*, que realiza o processamento das coordenadas recebidas pelo *plugin*. Essa conversão é necessária pois, há uma diferença entre o sistema de coordenadas utilizado no *MediaPipe* e na *engine*. Enquanto na *Unity* é utilizado o sistema de coordenadas da mão esquerda, representada na Figura 7, no sistema de coordenadas do *MediaPipe Pose* utiliza-se a regra da mão direita, que consiste no sentido de rotação do eixo X para o eixo Y ser no sentido horário (CLEMENTE et al., 2023).

Para converter as coordenadas, a função *ConvertLandmarksToUnity()* presente no código 1, inverte o valor de Z e aplica a escala do avatar, para que o movimento fique de acordo com o tamanho do personagem em cena.

Código 1 – Função para conversão das coordenadas recebidas pelo (*BlazePoseBarracuda*)

Figura 7 – Regra da mão esquerda e mão direita



Fonte: Microsoft (2025)

```
private Vector3 ConvertLandmarksToUnity(Vector4 lm, float
    scale)
{
    return new Vector3(lm.x, lm.y, -lm.z) * scale;
}
```

Fonte: Elaborado pela autora.

Para calcular a escala, foi necessário encontrar a altura do avatar e a altura real do usuário, no qual foi utilizada a função `Vector3.Distance()`, já presente na biblioteca da *Unity*, por meio dela é possível medir a distância entre pontos. Com isso, foram utilizados pontos da cabeça e dos pés, sendo que para os pés foi calculada uma média simples entre o pé direito e o esquerdo. Encontrado os valores, foi calculada a escala dividindo a altura do avatar pela do usuário, e encontrada a escala, foi possível converter os pontos de referência para as coordenadas utilizadas na *Unity*, cujos pontos são reposicionados utilizando um *offset* (valor constante que causa um deslocamento).

A partir dos ajustes, foi utilizada a função `RepositionWithOffset()` que está disponível no código 2, que recebe como parâmetros o objeto âncora, um vetor que recebe as coordenadas do ponto de referência e um vetor contendo as coordenadas da cintura. Dessa forma, foi calculado o movimento relativo, subtraindo os valores do vetor do ponto de referência e da cintura, obtendo outro conjunto de coordenadas, todas multiplicadas pelo *offset*. Por fim, a posição do objeto âncora foi atualizada realizando a interpolação entre o vetor de coordenadas da sua posição atual e o movimento relativo calculado anteriormente. A fim de evitar um efeito conhecido como *jitter*, caracterizado pela movimentação rápida dos objetos de captura, causando um efeito de tremor nos membros, foi utilizada a função disponibilizada pela *Unity*, `Vector3.Lerp()`, que realiza uma interpolação linear entre os pontos fornecidos como parâmetro, sendo a posição do objeto âncora e o movimento relativo realizado, com um valor

para realizar a interpolação, neste caso, com uma velocidade de movimento pré definida.

Código 2 – Função para reposicionar as âncoras

```
private void RepositionWithOffset(Transform target, Vector3
    landmark, Vector3 midHip)
{
    RigTarget rig = rigTargets.Find(r => r.target == target)
        ;
    if (rig != null && target != null)
    {
        Vector3 relativeMovement = (landmark * offset) - (
            midHip * offset);

        Vector3 correctedPos = rig.initialPosition +
            relativeMovement;

        target.position = Vector3.Lerp(
            target.position,
            relativeMovement,
            Time.deltaTime * smoothSpeed
        );
    }
}
```

Fonte: Elaborado pela autora.

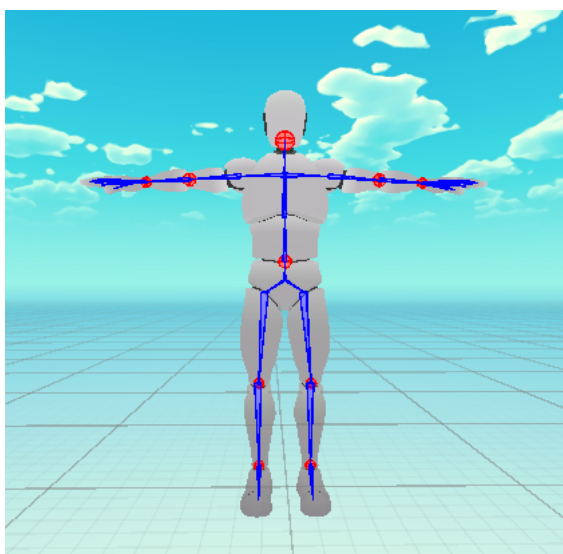
Ao analisar as Figuras 6 e 8, observa-se uma diferença entre as topologias do *MediaPipe Pose* e do *rig* construído para a animação do modelo tridimensional, principalmente na região da cabeça e da cintura. A fim de adaptar a topologia do *MediaPipe Pose*, foi necessário escolher alguns pontos mais relevantes, e descartar os demais. Para a cabeça o ponto selecionado foi o do nariz (zero), por estar centralizado ele fornece uma movimentação mais adequada para a cabeça. Já na região da cintura, o *MediaPipe Pose* oferece dois pontos, sendo eles o 24 para o lado direito, e o 23 para o esquerdo. Como a estrutura para animação do avatar aceita somente um ponto central para a cintura, calculou-se a média entre os pontos 23 e 24, e o valor foi atribuído ao objeto âncora da cintura. Dessa forma, os pontos utilizados para movimentação do avatar foram do nariz (zero), ombros (11 e 12), cotovelos (13 e 14), pulsos (15 e 16), cintura (média entre os pontos 23 e 24), joelhos (25 e 26) e calcanhares (27 e 28). O restante dos pontos foram descartados, já que não seriam utilizados no momento.

Com a estrutura pronta foi possível aplicar *constraints*, um componente que estabelece restrições associando a posição, escala ou rotação de um objeto filho a de um objeto pai,

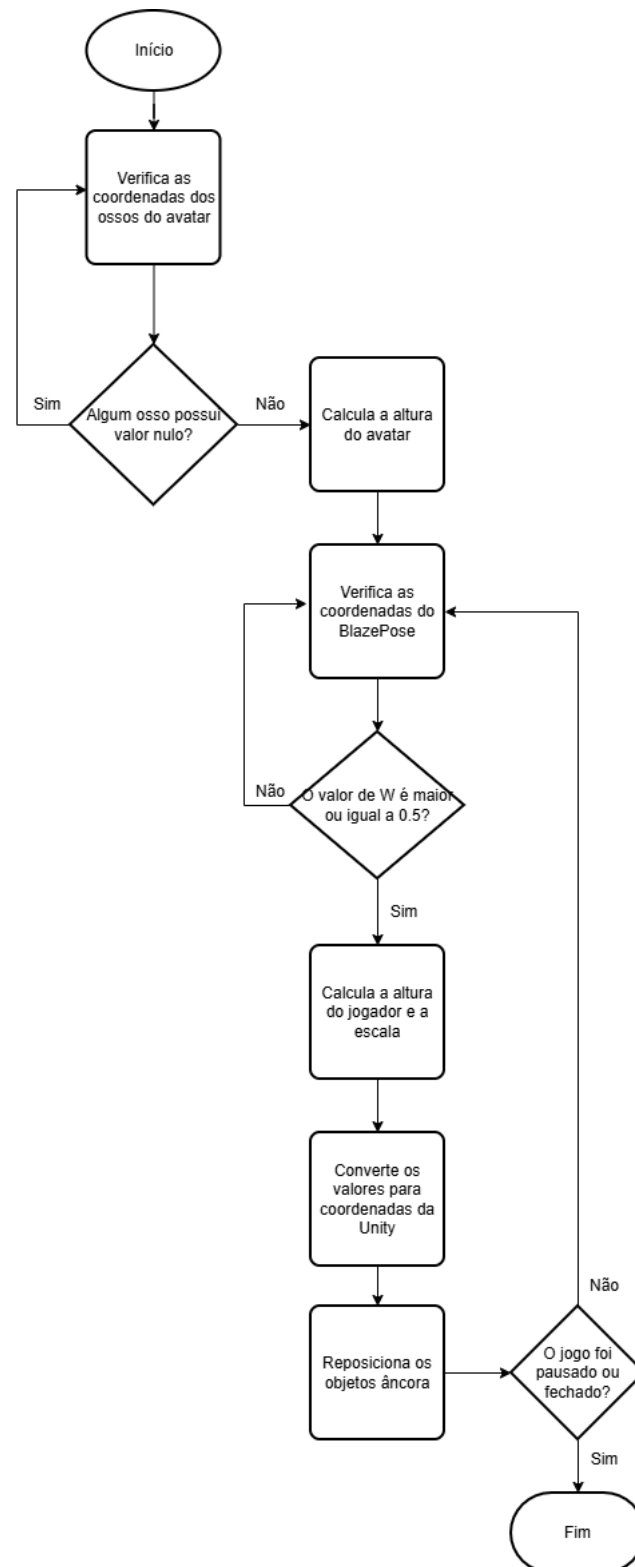
fazendo com que as alterações que o objeto filho sofra sejam restritas aquelas realizadas pelo objeto pai (UNITY, 2018). No pacote de *Animation rigging* estão inclusas algumas *constraints* já predefinidas, e para este trabalho foi utilizada a *Multi-aim constraint*, que consiste em rotacionar um objeto na direção de outro objeto alvo (UNITY, 2023b).

Diante desse contexto, o módulo de captura de movimento funciona por meio do *script LandmarkProcessor*, captando as coordenadas de cada ponto de referência por meio do *BlazePoseBarracuda*, e alterando a posição dos objetos âncora relacionados a cada membro do corpo do avatar, fazendo com que por meio do *multi-aim constraint* cada componente do avatar se mova de acordo com o movimento real captado, o *rig* juntamente dos objetos âncora podem ser observados na Figura 8, e um fluxograma de funcionamento do *script* está representado na Figura 9. Durante o desenvolvimento, foi observado um deslocamento dos membros do avatar em razão do posicionamento dos objetos que serviram como âncora. Para contornar este problema, foi calculada a altura relativa do avatar e a altura do usuário para ajustar o posicionamento dos objetos. A partir desta nova abordagem, foi possível reduzir o deslocamento dos membros ao ponto de não afetar no andamento e dinamismo do jogo.

Figura 8 – Avatar com o rig e os objetos âncora



Fonte: Elaborada pela autora.

Figura 9 – Fluxograma de funcionamento do script *LandmarkProcessor*

Fonte: Elaborada pela autora.

3.1.3 Módulo de exercícios

Uma das formas de tratamento da fibromialgia é por meio de fisioterapias como a cinesioterapia, que utiliza de exercícios aeróbicos e alongamentos para amenizar a dor (ALVES et al., 2021). Com base na literatura foi utilizado como referência o trabalho de Santos et al. (2020), em que foram propostas algumas atividades para compor uma sessão de fisioterapia, presentes na Figura 10.

Figura 10 – Atividades propostas para sessão de fisioterapia

Tempo	Atividade
10 minutos	Exercícios preparatórios (caminhada lenta e alongamento muscular)
10 minutos	Exercício aeróbio a 65-75% da FC _{máx} (caminhada e polichinelos)
20 minutos	Exercícios de fortalecimento muscular global (flexores plantares, flexores de joelho, extensores de quadril, flexores de quadril, abdutores de quadril, adutores de quadril, rotadores de tronco, abdutores horizontais de ombro, adutores horizontais de ombro, rotadores internos de ombro e rotadores externos de ombro)
10 minutos	Exercício aeróbio 65-75% da FC _{máx} (bicicleta estacionária e caminhada)
10 minutos	Relaxamento

Fonte: Santos et al. (2020)

As mecânicas de exercícios desenvolvidas foram pensadas com base nas atividades propostas, sendo as duas fases do jogo sério referentes aos exercícios de fortalecimento muscular global, como por exemplo flexores plantares, e os exercícios preparatórios, tais como caminhada lenta e regular.

A primeira ação que o jogador deve realizar consiste em deslocar-se até a primeira estação, executando uma caminhada com elevação dos joelhos, como pode ser observado na Figura 11. Esse movimento é necessário para que o personagem avance pelo mapa. Além de possibilitar o progresso no jogo, a caminhada tem a função de aquecer o jogador e estimular a movimentação corporal, contribuindo para a manutenção de um ritmo adequado e constante ao longo do jogo.

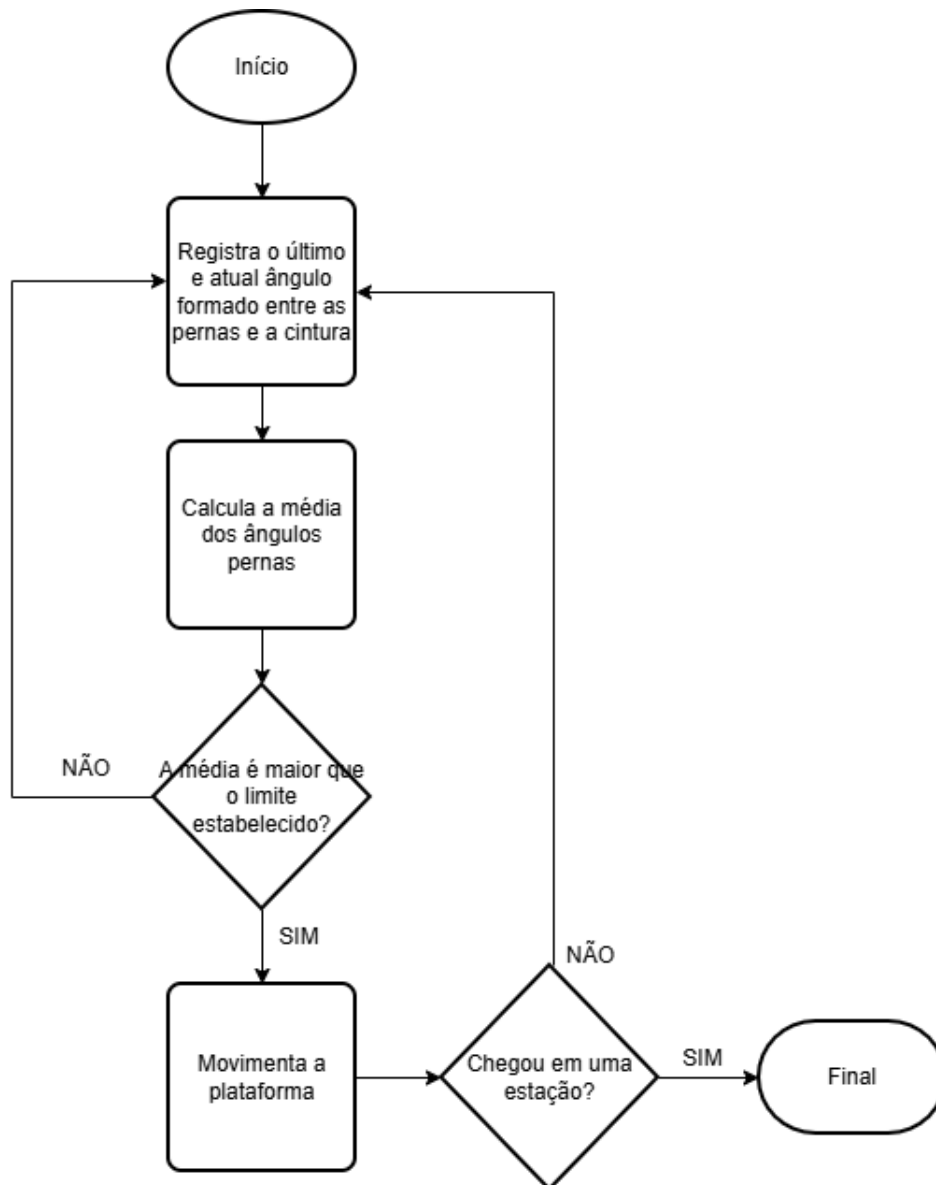
Figura 11 – Primeira fase em execução



Fonte: Elaborada pela autora.

Para realizar o movimento do avatar, a lógica utilizada consistiu em verificar a diferença no ângulo formado entre os pés e a cintura, caso haja diferença, a plataforma é movimentada para trás. O controle da movimentação foi realizado por meio do *script Angle movement*, seu funcionamento pode ser observado na Figura 12.

Figura 12 – Fluxograma de funcionamento da primeira fase



Fonte: Elaborada pela autora.

O *script* desenvolvido para a movimentação da fase foi o *Angle movement*. A função responsável por verificar o ângulo formado é a *GetKneeAngle()* que pode ser vista no código 3, que recebe como parâmetros as coordenadas dos pontos da cintura, joelho e calcanhar, calculando o ângulo por meio da função *Vector3.Angle()*, disponibilizada pela *Unity*.

Código 3 – Função para calcular o ângulo entre a cintura e a perna

```
float GetKneeAngle(Transform hip , Transform knee , Transform
ankle)
{
    Vector3 upperLeg = knee.position - hip.position ;
    Vector3 lowerLeg = ankle.position - knee.position ;

    return Vector3.Angle(upperLeg , lowerLeg);
}
```

Fonte: Elaborado pela autora.

O restante do *script*, apresentado no código 4, é responsável pela movimentação da plataforma. Ele suaviza o movimento das pernas e compara o valor obtido com o limite estabelecido para identificar uma possível movimentação. Quando esse limite é ultrapassado, a posição atual da plataforma é atualizada.

Código 4 – Função para movimentar as plataformas

```
void Update()
{
    float currentLeftAngle = GetKneeAngle(leftHip , leftKnee ,
leftAnkle);
    float currentRightAngle = GetKneeAngle(rightHip ,
rightKnee , rightAnkle);

    leftDelta = Mathf.Abs(currentLeftAngle - lastLeftAngle);
    rightDelta = Mathf.Abs(currentRightAngle -
lastRightAngle);

    float avgDelta = (leftDelta + rightDelta) * 0.5f;

    smoothMovement = Mathf.Lerp(smoothMovement , avgDelta , 1f
- smoothFactor);

    lastLeftAngle = currentLeftAngle ;
    lastRightAngle = currentRightAngle ;

    if (smoothMovement > angleThreshold)
    {
```

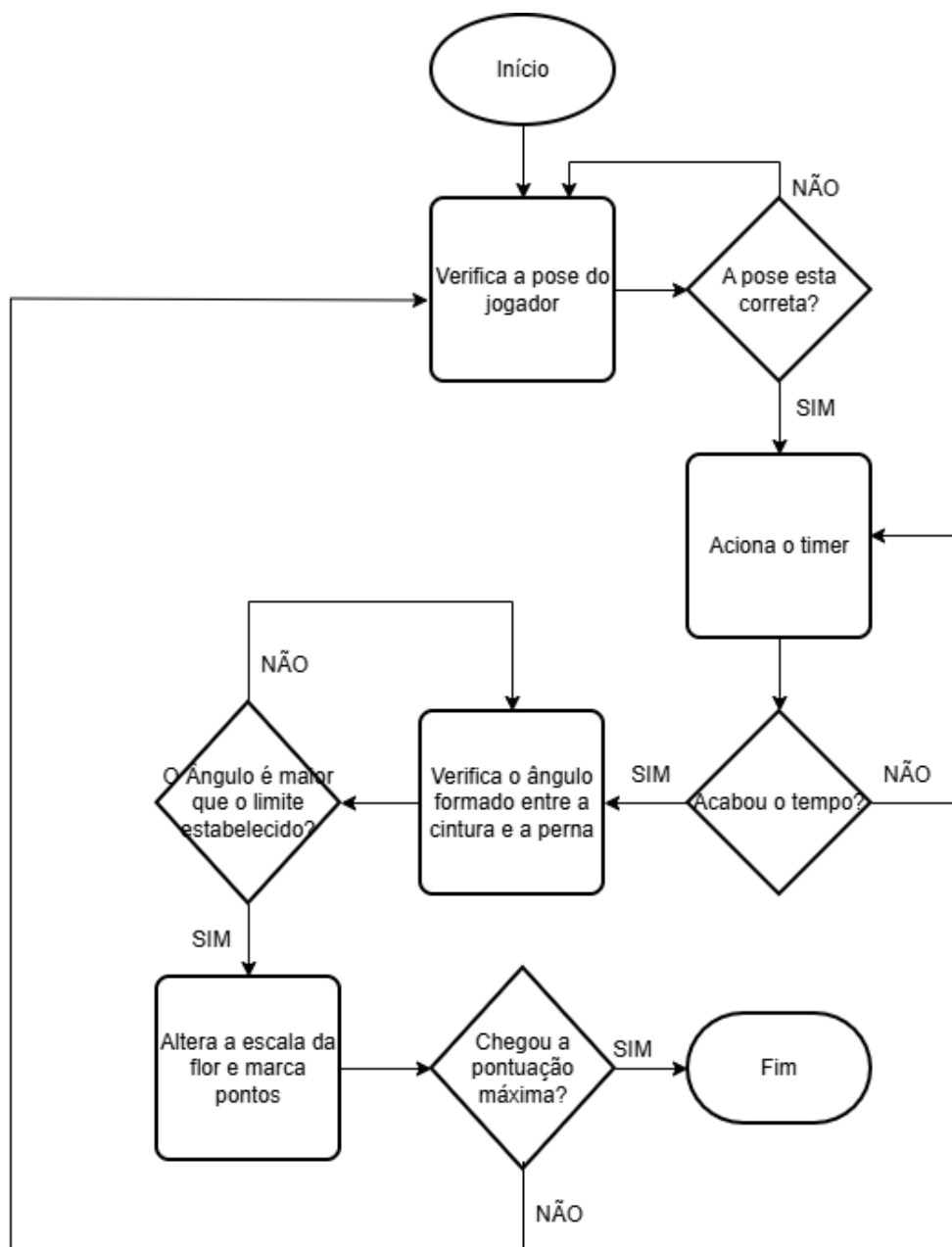
```
foreach (Transform platform in spawnPlatform.  
    GetAllPlatforms())  
{  
    platform.position -= platform.forward *  
        moveSpeed * Time.deltaTime;  
}  
}
```

Fonte: Elaborado pela autora.

O segundo exercício pertence ao grupo de atividades voltadas ao fortalecimento muscular, sendo a flexão plantar, que tem como objetivo o alongamento e o fortalecimento dos músculos da região da panturrilha. Para sua execução, o jogador deve manter o corpo ereto, elevar os calcanhares até ficar na ponta dos pés e, em seguida, retornar à posição inicial, apoiando novamente os calcanhares no chão.

A mecânica desenvolvida é similar a da primeira fase, consistindo em verificar a variação do ângulo da cintura em relação aos calcanhares, caso haja variação a escala de um objeto representando uma flor na cena aumenta e a pontuação atual é acrescida em 5 pontos. O fluxograma contendo o funcionamento do *script* está representado na Figura 13.

Figura 13 – Fluxograma de funcionamento da segunda fase



Fonte: Elaborada pela autora.

Ao inicializar a fase, é possível notar uma variação brusca nos pontos, fazendo com que a flor cresça sem o jogador ter realizado o movimento. A fim de evitar isto, foi desenvolvida uma função que verifica a pose do jogador antes de inicializar a fase, permitindo que os pontos estejam mais estabilizados. A função pode ser vista no código 5.

Código 5 – Função para verificar a pose

```
bool PoseCheck()
{
    Vector3 leftArm = leftWrist.position - leftShoulder.
        position;
    Vector3 rightArm = rightWrist.position - rightShoulder.
        position;

    float leftAngle = Vector3.Angle(leftArm, Vector3.up);
    float rightAngle = Vector3.Angle(rightArm, Vector3.up);

    bool leftUp = leftAngle <= poseAngleThreshold;
    bool rightUp = rightAngle <= poseAngleThreshold;

    if (leftUp || rightUp)
    {
        isPose = true;
    }

    return isPose;
}
```

Fonte: Elaborado pela autora.

Um *timer* é utilizado para que o jogador mantenha a pose até que os pontos estejam estabilizados. O algoritmo desenvolvido para tal está descrito no código 6.

Código 6 – Função do tempo de espera para iniciar a captura

```
if (!canGrow)
{
    PoseCheck();
    if (isPose == true)
    {
        poseTimer += Time.deltaTime;
    }
}
```

```
        if (poseTimer >= holdPoseTime)
            StartCapture();
    }
    else
    {
        poseTimer = 0f;
    }
    return;
}
```

Fonte: Elaborado pela autora.

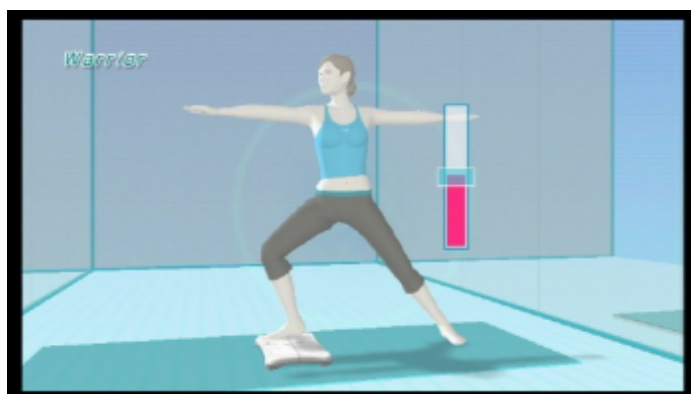
4 Sobre o jogo

O jogo sério, *FibroQuest*, tem como objetivo auxiliar no tratamento fisioterapêutico da fibromialgia, sendo direcionado a pessoas que convivem com a síndrome e realizam acompanhamento fisioterapêutico. A escolha desse público-alvo está relacionada à dificuldade de adesão e permanência nos tratamentos, uma vez que a fibromialgia exige cuidados contínuos e de caráter vitalício.

O nome *FibroQuest* resulta da junção das palavras fibromialgia e *quest* (termo em inglês que significa “busca” ou “missão”), simbolizando a busca por uma melhor qualidade de vida e por equilíbrio no enfrentamento da síndrome.

O gênero do jogo sério pode ser classificado como um *Exergame*, cujo objetivo é integrar a diversão dos jogos à atividades físicas, sendo necessário o jogador executar movimentos corporais para progredir no jogo. Como exemplo de *Exergames*, a Figura 14 apresenta o *Wii fit*, jogo lançado em 2008 pela *Nintendo* e desenvolvido para o *Nintendo Wii*, cujo objetivo é promover uma vida mais saudável aos jogadores. Mais recentemente, a mesma empresa lançou em 2019 para o seu novo console, o *Nintendo Switch*, o *Ring fit adventure* (Figura 15), um *exergame* que conta com a mesma proposta de seu antecessor, porém possui um modo história e um ritmo mais acelerado.

Figura 14 – *Wii fit*



Fonte: Nintendo (2025b)

Figura 15 – *Ring fit adventure*

Fonte: Nintendo (2025a)

4.1 Especificações técnicas

O jogo foi desenvolvido para PC's que utilizem o sistema operacional (SO) *Windows* e que tenham acesso a uma câmera de vídeo digital. Essa escolha se deu pelo uso da lousa *IdeaHub* da *Huawei*, que utiliza o SO *Windows* e também pela disponibilidade, já que grande parte dos usuários de computadores utilizam o *Windows* como SO principal. Para a visualização do personagem, foi adotada uma perspectiva em terceira pessoa, permitindo assim que o jogador possa visualizar o movimento que está sendo realizado e corrigir se necessário.

4.2 Jogabilidade

A movimentação do personagem ocorre em conformidade com os movimentos capturados do jogador. Para deslocar-se pelo cenário, o usuário deve realizar uma corrida estacionária, simulando o movimento de correr sem sair do lugar. As ações de captura de objetos ou de desvio de obstáculos exigem que o jogador execute o movimento correspondente à situação apresentada. A interação com os menus do jogo é realizada por meio da tela sensível ao toque (*touch screen*) ou com o uso de um *mouse*.

4.3 História

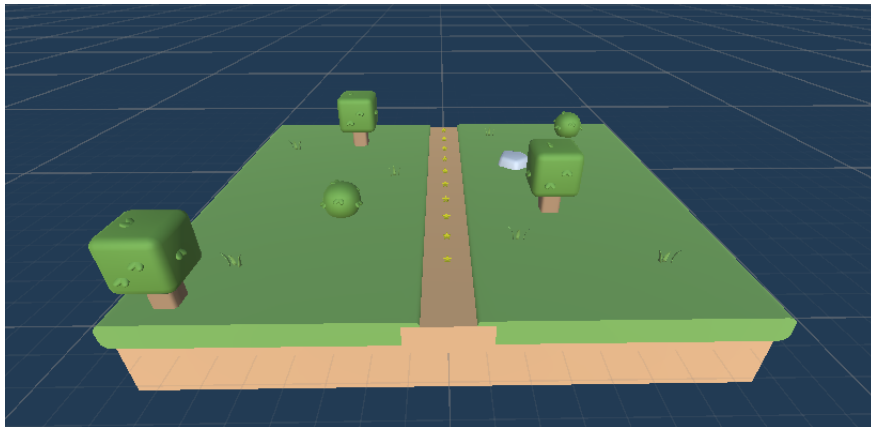
O jogo *FibroQuest* se desenvolve ao longo de uma caminhada por uma montanha. Durante o percurso, o jogador encontra diversas estações nas quais deve cumprir desafios para prosseguir. Ao longo do caminho, também é possível coletar estrelas, que poderão ser utilizadas posteriormente para adquirir itens colecionáveis. O jogador vence ao concluir todos os desafios e alcançar o cume da montanha.

O principal objetivo do jogo é incentivar a prática dos exercícios propostos. Por esse motivo, a dinâmica não é fortemente punitiva, o jogador apenas deixa de progredir caso não complete os

desafios, permanecendo na estação até cumprir a tarefa proposta.

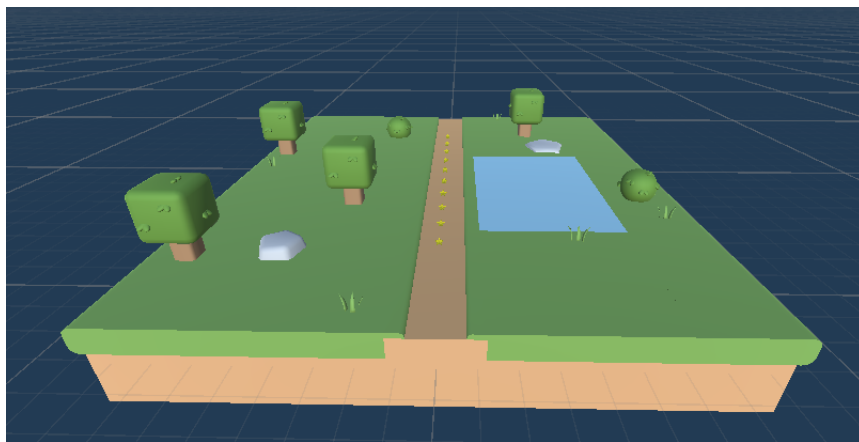
Os cenários, foram inspirados em trilhas de floresta, representando o percurso pela montanha. Os gráficos, simples e coloridos, foram desenvolvidos com o intuito de conferir um aspecto mais lúdico e agradável à experiência de jogo.

Figura 16 – Primeira trilha



Fonte: Elaborada pela autora.

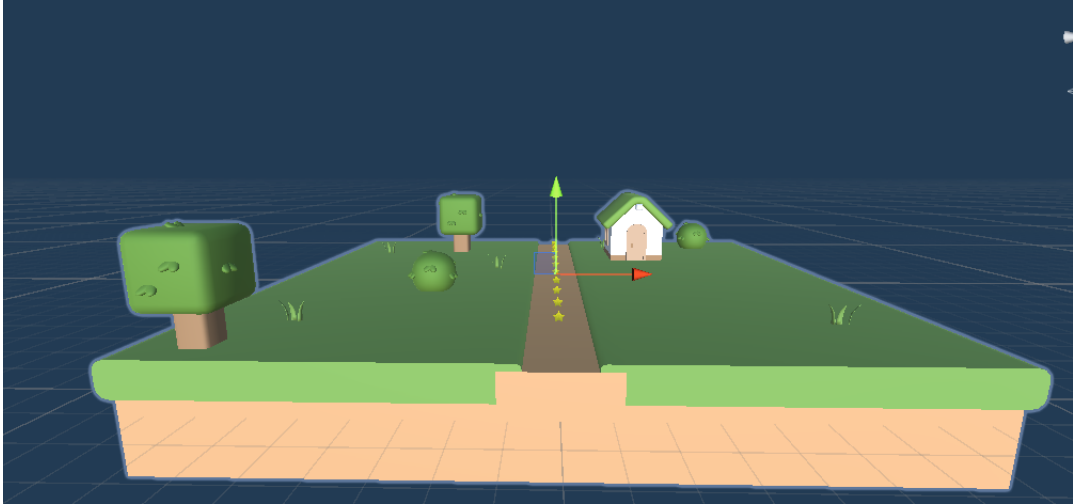
Figura 17 – Segunda trilha



Fonte: Elaborada pela autora.

Na Figura 18 é possível observar o bloco com a estação que permite ir aos desafios, funcionando também como um meio sutil para trocar de fase.

Figura 18 – Estação com os desafios



Fonte: Elaborada pela autora.

5 Considerações finais

O uso de jogos com propósitos sérios tem se mostrado cada vez mais promissor, abrangendo áreas como a indústria, a educação e a saúde. Essas aplicações permitem abordar temas sensíveis ou complexos de forma lúdica e acessível, proporcionando ao jogador uma nova perspectiva sobre o mundo. Nesse contexto, este trabalho propõe o uso de jogos sérios como uma ferramenta potencial de apoio ao tratamento de uma síndrome de caráter crônico, buscando tornar o processo terapêutico mais leve, dinâmico e motivador.

O jogo FibroQuest tem como objetivo utilizar tecnologias de MMC para integrar a prática fisioterapêutica ao entretenimento dos jogos digitais. As mecânicas e a ambientação foram desenvolvidas com o intuito de serem simples e dinâmicas, de modo a englobar usuários com diferentes níveis de familiaridade com a tecnologia, tornando a experiência mais acessível, inclusiva e motivadora para distintos públicos, além de promover um método alternativo para o tratamento da fibromialgia, uma área ainda pouco explorada.

Ainda que os objetivos levantados para o trabalho tenham sido cumpridos, a premissa do projeto abre espaço para melhorias. Portanto, considerando a continuidade do trabalho, alguns aspectos podem ser mais explorados no futuro, como a inclusão de mais desafios, permitindo assim o uso do jogo sério em uma sessão completa de fisioterapia. Aprimoramento no módulo de captura para ajustes dos pontos e um módulo de análise de progressão do paciente para auxiliar o profissional de fisioterapia, além de testes de desempenho do jogo final, a fim de analisar o real efeito do uso do *FibroQuest* em tratamentos.

Diante do desenvolvimento deste trabalho, foi possível compreender de forma mais ampla os desafios enfrentados no tratamento da fibromialgia e reconhecer o potencial dos jogos digitais e das tecnologias de captura de movimento como ferramentas complementares nesse processo. A experiência evidenciou que essas tecnologias podem contribuir para tornar o tratamento mais dinâmico, engajador e acessível, impactando positivamente a qualidade de vida dos pacientes. Além disso, o estudo reforça a importância de se dedicar maior atenção e aprofundamento a esse tema, ainda pouco explorado, mas que impacta profundamente a vida de muitas pessoas.

Referências

- ALVES, L. M.; BAIENSE, Y. A.; CONCEIÇÃO, R. N.; MOREIRA, P. C.; CAMILO, T. B. Atuação da fisioterapia no tratamento de pacientes com fibromialgia. *Cadernos Camilliani e-ISSN: 2594-9640*, v. 18, n. 3, p. 3037–3051, 2021.
- ASSEMBLÉIA GERAL DAS NAÇÕES UNIDAS. *Os objetivos do desenvolvimento sustentável no Brasil*. 2025. Disponível em: <<https://brasil.un.org/pt-br/sdgs/3>>. Acesso em: 27 mar. 2025.
- BALISTA, V. G. Sistema de realidade virtual para avaliação e reabilitação de déficit motor. *Proceedings do XII Simpósio Brasileiro de Games e Entretenimento Digital*, p. 16–18, 2013.
- BAZAREVSKY, V.; GRISHCHENKO, I.; RAVEENDRAN, K.; ZHU, T.; ZHANG, F.; GRUNDMANN, M. BlazePose: On-device real-time body pose tracking. *arXiv preprint arXiv:2006.10204*, 2020.
- BELOTTI, N.; BONFANTI, S.; LOCATELLI, A.; ROTA, L.; GHIDOTTI, A.; VITALI, A. A tele-rehabilitation platform for shoulder motor function recovery using serious games and an azure kinect device. In: *dHealth 2022*. [S.l.]: IOS Press, 2022. p. 145–152.
- CLEMENTE, C.; CHAMBEL, G.; SILVA, D. C.; MONTES, A. M.; PINTO, J. F.; SILVA, H. P. d. Feasibility of 3d body tracking from monocular 2d video feeds in musculoskeletal telerehabilitation. *Sensors*, MDPI, v. 24, n. 1, p. 206, 2023.
- COLOMBO, B.; ZANELLA, E.; GALAZZI, A.; ARCADI, P. The experience of stigma in people affected by fibromyalgia: A metasynthesis. *Journal of Advanced Nursing*, Wiley Online Library, 2025.
- COSTA, L. P.; FERREIRA, M. d. A. Fibromyalgia from the gender perspective: Triggering, clinical presentation and coping. *Texto Contexto - Enfermagem*, Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós Graduação em Enfermagem, v. 32, p. e20220299, 2023. ISSN 0104-0707. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/1980-265X-TCE-2022-0299en>>.
- CREATIVEIKEP. *BlazePoseBarracuda*. 2021. Disponível em: <<https://github.com/creativelKEP/BlazePoseBarracuda/tree/main>>. Acesso em: 16 out. 2025.
- DAMAŠEVIČIUS, R.; MASKELIŪNAS, R.; BLAŽAUSKAS, T. Serious games and gamification in healthcare: a meta-review. *Information*, MDPI, v. 14, n. 2, p. 105, 2023.
- DUARTE, A. C. A. P.; PAULO, I. I.; MERINO, E. A. D.; MERINO, G. S. A. D. Animação e captura de movimentos: Uma revisão integrativa de literatura. *Animus. Revista Interamericana de Comunicação Midiática*, v. 24, n. 52, p. e024006–e024006, 2025.
- FAVRE, J.; CANTALOUBE, A.; JOLLES, B. M. Rehabilitation for musculoskeletal disorders: the emergence of serious games and the promise of personalized versions using artificial intelligence. *Journal of clinical medicine*, MDPI, v. 12, n. 16, p. 5310, 2023.
- GALVEZ-SÁNCHEZ, C. M.; PASO, G. A. Reyes del. Diagnostic criteria for fibromyalgia: critical review and future perspectives. *Journal of clinical medicine*, MDPI, v. 9, n. 4, p. 1219, 2020.

GOOGLE AI, f. d. *Guia de detecção de pontos de referência de poses*. 2025. Disponível em: <https://ai.google.dev/edge/mediapipe/solutions/vision/pose_landmarker?hl=pt-br>. Acesso em: 29 out. 2025.

HUAWEI. *Huawei Ideahub*. 2024. Disponível em: <<https://e.huawei.com/eu/promotion/2024/eu/huaweiekit-ideahub>>. Acesso em: 30 out. 2025.

HUAWEI. *Huawei Ideahub*. 2025. Disponível em: <<https://e.huawei.com/br/products/enterprise-collaboration/ideahub/ideahub-s2>>. Acesso em: 12 out. 2025.

KOCYIGIT, B. F.; AKYOL, A. Fibromyalgia syndrome: epidemiology, diagnosis and treatment. *Reumatologia*, v. 60, n. 6, p. 413, 2022.

KRATH, J.; SCHÜRMAN, L.; KORFLESCH, H. F. V. Revealing the theoretical basis of gamification: A systematic review and analysis of theory in research on gamification, serious games and game-based learning. *Computers in human behavior*, Elsevier, v. 125, p. 106963, 2021.

LUGARESI, C.; TANG, J.; NASH, H.; MCCLANAHAN, C.; UBOWEJA, E.; HAYS, M.; ZHANG, F.; CHANG, C.-L.; YONG, M.; LEE, J. et al. Mediapipe: A framework for perceiving and processing reality. In: *Third workshop on computer vision for AR/VR at IEEE computer vision and pattern recognition (CVPR)*. [S.l.: s.n.], 2019. v. 2019.

MATEI, D.; TRĂISTARU, R.; PĂDUREANU, V.; AVRAMESCU, T. E.; NEAGOE, D.; GENUNCHE, A.; AMZOLINI, A. The efficiency of kinesiotherapy versus physical modalities on pain and other common complaints in fibromyalgia. *Life*, MDPI, v. 14, n. 5, p. 604, 2024.

MICROSOFT. *Gráficos do Direct3D 9*. 2025. Disponível em: <<https://learn.microsoft.com/pt-br/windows/win32/direct3d9/images/leftright.png>>. Acesso em: 28 out. 2025.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. *9 verdades sobre a fibromialgia*. 2025. Disponível em: <<https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-com-ciencia/noticias/2025/fevereiro/9-verdades-sobre-a-fibromialgia>>. Acesso em: 26 mar. 2025.

NAKAMURA, R.; SEMENTILLE, A. C.; SANCHES, S. R. R.; MATSUMURA, K. K.; KAYATT, P. M. Jogos e entretenimento. In: TORI, R.; HOUNSELL, M. da S. (Ed.). *Introdução a Realidade Virtual e Aumentada*. 3. ed. Porto Alegre: Editora SBC, 2020.

NINTENDO. *Ring fit adventure*. 2025. Disponível em: <<https://www.nintendo.com/pt-pt/Jogos/Jogos-para-a-Nintendo-Switch/Ring-Fit-Adventure-1638708.html?srltid=AfmBOopnr2S82SIIc9PNL2onZFWAM6uCFzblM4Mtc1uGpuwRDdguJdSQ>>. Acesso em: 22 out. 2025.

NINTENDO. *Wii fit*. 2025. Disponível em: <https://www.nintendo.com/pt-pt/Jogos/Wii/Wii-Fit-283894.html?srltid=AfmBOopezSIBS0IWdiv6KCimnPBXTxD0bV23X9pTT_5DMzPRuYgg7PTI#Introdu__o>. Acesso em: 22 out. 2025.

PINHO, M. S.; CORRÊA, C. G.; NAKAMURA, R.; JR, J. L. B. Técnicas de interação. In: TORI, R.; HOUNSELL, M. da S. (Ed.). *Introdução a Realidade Virtual e Aumentada*. 3. ed. Porto Alegre: Editora SBC, 2020.

SANTOS, J. M. dos; RIBEIRO, V. G. C.; FLOR, J.; CARVALHO, M. M. de; VITORINO, D. F. de M.; LACERDA, A. C. R. Fisioterapia aquática: Uma intervenção para mulheres com fibromialgia. *Expressa Extensão*, v. 25, n. 2, p. 103–112, 2020.

SBR. *Doenças Reumáticas acometem mais de 15 milhões de brasileiros, de qualquer idade, causam limitações, aposentadoria precoce e sérios impactos no sistema de saúde no país*. 2023. Disponível em: <<https://l1nq.com/J1Jq4>>. Acesso em: 26 out. 2025.

SCUDELETTI, L. R. *Kinesios: um sistema de captura de movimentos para avaliação motora e neurofuncional de pacientes em reabilitação pós-acidente vascular cerebral*. Universidade Estadual Paulista (Unesp), 2021.

SILVA, L. G. B. da; COSTA, J. F. da; NETO, S.; CHAGAS, J. M. das; BARROS, M. V. L.; OLIVEIRA, L. de S.; SANTOS, F. C. dos; TEIXEIRA, K. F. A. Efeitos do treinamento resistidos em mulheres com fibromialgia: Uma revisão integrativa. *Research, Society and Development*, v. 12, n. 7, p. e1212742474–e1212742474, 2023.

SIRACUSA, R.; PAOLA, R. D.; CUZZOCREA, S.; IMPELLIZZERI, D. Fibromyalgia: Pathogenesis, mechanisms, diagnosis and treatment options update. *International Journal of Molecular Sciences*, v. 22, n. 8, 2021. ISSN 1422-0067. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/1422-0067/22/8/3891>>.

UNITY. *Constraints*. 2018. Disponível em: <<https://docs.unity3d.com/6000.2/Documentation/Manual/Constraints.html>>. Acesso em: 21 out. 2025.

UNITY. *Animation Rigging*. 2023. Disponível em: <<https://docs.unity3d.com/Packages/com.unity.animation.rigging@1.0/manual/index.html>>. Acesso em: 20 out. 2025.

UNITY. *Multi-Aim Constraint*. 2023. Disponível em: <<https://docs.unity3d.com/Packages/com.unity.animation.rigging@1.0/manual/constraints/MultiAimConstraint.html>>. Acesso em: 21 out. 2025.

UNITY. *Engine do Unity: Plataforma de desenvolvimento 2D e 3D*. 2025. Disponível em: <<https://unity.com/pt/products/unity-engine#engine-features>>. Acesso em: 12 out. 2025.

WT, L. W.; MING, T. Y.; NK, F. K. A systematic review of the applications of markerless motion capture (mmc) technology for clinical measurement in rehabilitation. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, Springer, v. 20, n. 1, p. 57, 2023.