

**PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ
ESCOLA POLITÉCNICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA EM SAÚDE**

CARLOS RAFAEL HASSELMANN FORBECK

**EXERGAME APLICADO À DANÇATERAPIA COM CAPTURA DE MOVIMENTO
CORPORAL PARA REABILITAÇÃO PÓS-AVC**

CURITIBA

2021

CARLOS RAFAEL HASSELMANN FORBECK

**EXERGAME APLICADO À DANÇATERAPIA COM CAPTURA DE MOVIMENTO
CORPORAL PARA REABILITAÇÃO PÓS-AVC**

Dissertação de Mestrado apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologia em Saúde (PPGTS), na linha de Bioengenharia da Escola Politécnica, da Pontifícia Universidade Católica do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Tecnologia em Saúde.

Orientadora: Prof.^a Dra. Elisângela Ferretti Manffra.
Coorientadora: Prof.^a Dra. Cláudia Maria Cabral Moro Barra.

CURITIBA

2021

Dados da Catalogação na Publicação
Pontifícia Universidade Católica do Paraná
Sistema Integrado de Bibliotecas – SIBI/PUCPR
Biblioteca Central
Pamela Travassos de Freitas – CRB 9/1960

F692e
2021 Forbeck, Carlos Rafael Hasselmann
Exergame aplicado à dançaterapia com captura de movimento corporal para reabilitação pós-AVC / Carlos Rafael Hasselmann Forbeck ; orientadora: Elisângela Ferretti Manffra ; coorientadora: Cláudia Maria Cabral Moro Barra. – 2021.
171 f. : il. ; 30 cm

Dissertação (mestrado) – Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, 2021
Bibliografias: f. 108-117

1. Acidente vascular cerebral – Pacientes – Reabilitação. 2. Aplicativos Móveis. 3. Jogos para celular. 4. Tecnologia de reabilitação. 5. Terapia pela dança. I. Manffra, Elisângela Ferretti. II. Barra, Cláudia Maria Cabral Moro. III. Pontifícia Universidade Católica do Paraná. Pós-Graduação em Tecnologia em Saúde. III. Título.

CDD 20. ed. – 616.81



Programa de
**PÓS-GRADUAÇÃO
EM TECNOLOGIA EM SAÚDE
PUCPR**

TERMO DE APROVAÇÃO DE DISSERTAÇÃO Nº 295

A Dissertação de Mestrado intitulada **“EXERGAME APLICADO À DANÇATERAPIA COM CAPTURA DE MOVIMENTO CORPORAL PARA REABILITAÇÃO PÓS-AVC”** defendida em sessão pública pelo(a) candidato(a) **Carlos Rafael Hasselmann Forbeck**, no dia **30 de julho de 2021**, foi julgada para a obtenção do grau de Mestre em Tecnologia em Saúde, e aprovada em sua forma final, pelo Programa de Pós-Graduação em Tecnologia em Saúde.

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Elisangela Ferretti Manffra – (PUCPR)

Prof. Dr. Paulo Cesar Barauce Bento - (UFPR)

Prof. Dr. Deborah Ribeiro Carvalho – (PPGTS)

A via original deste documento encontra-se arquivada na Secretaria do Programa, contendo a assinatura da Coordenação após a entrega da versão corrigida do trabalho.

Curitiba, 17 de novembro de 2021

Prof. Dr. Percy Nohama
**Coordenador do Programa de
Pós-Graduação em Tecnologia em Saúde
PUCPR**

RESUMO

Introdução: O Acidente Vascular Cerebral (AVC) é responsável por um dos maiores índices de admissão hospitalar e por um grande contingente de pessoas com deficiência crônica que necessitam de reabilitação. Estudos têm demonstrado que os Jogos Sérios melhoram a adesão do paciente e a chance de sucesso das terapias por serem atraentes e incentivadores. **Objetivo:** O objetivo geral desse trabalho é desenvolver um protótipo de um jogo sério digital *exergame* para smartphone, com base em dançaterapia e dados biomecânicos sem a utilização de marcadores, de modo a incentivar o processo de reabilitação motora de pessoas vítimas de AVC, e atender às necessidades neurofuncionais dos pacientes e objetivos terapêuticos. **Método:** A primeira etapa do desenvolvimento do projeto foi o levantamento de requisitos para o sistema e o escopo do projeto. Para tanto, foram realizadas entrevistas com fisioterapeutas, pacientes vítimas de AVC e cuidadores. Optou-se por desenvolver um jogo com base em dançaterapia, cujos movimentos são fundamentados nas terapias de reabilitação. Para o desenvolvimento do projeto foi utilizada a tecnologia de rastreamento corporal desenvolvida pela *Apple*, disponibilizada em seus smartphones, cuja câmera detecta a presença de uma pessoa e estima as coordenadas de 89 pontos articulares. Em conjunto com profissionais de fisioterapia foi desenvolvida uma coreografia condizente com os princípios da reabilitação motora. Para cada movimento foi elaborada uma série de condições matemáticas e geométricas para que o sistema pudesse avaliar o desempenho do paciente. Ao final do desenvolvimento do protótipo, o jogo foi testado no Hospital de Reabilitação do Paraná por fisioterapeutas e pacientes. Os fisioterapeutas que participaram da pesquisa responderam a um questionário de usabilidade para avaliar o produto. **Resultados:** Foi elaborado o *Game Design Document* (GDD) do projeto com descrições detalhadas sobre o funcionamento do jogo. A programação foi feita em *Swift* para ser executado em iOS, sistema operacional para smartphones Apple. O produto desenvolvido é um aplicativo para celular, com necessidade apenas conectar o aparelho a uma TV para projetar a imagem, sem utilizar computadores ou sensores externos. Os fisioterapeutas sentiram-se confiantes ao utilizarem o aplicativo, e o consideraram de fácil manuseio. Os pacientes se motivaram ao executar a coreografia e desejaram jogar novamente para superar seus próprios recordes. As principais sugestões dadas pelos fisioterapeutas que testaram o sistema foram que o aplicativo ofereça um maior número de coreografias, com diferentes níveis de dificuldades, e condições de progressões para facilitar o aprendizado dos pacientes. **Conclusão:** O fato de o jogo ter sido desenvolvido como aplicativo para celular apresentou algumas vantagens como ser um produto muito portátil, de fácil instalação e utilização. Essa praticidade foi uma das características que mais chamou a atenção dos fisioterapeutas durante a fase de testes, e o jogo apresentou-se como um bom complemento para as sessões de reabilitação motora pós-AVC e os pacientes se mostraram motivados durante o período de utilização.

Palavras-chave: Jogos sérios, reabilitação motora, AVC, rastreamento corporal, aplicativos móveis, dançaterapia.

ABSTRACT

Introduction: Stroke is responsible for one of the highest rates of hospital admissions and for a large contingent of people with chronic disabilities who need rehabilitation. Studies have shown that Serious Games improve patient compliance and the chance of therapy success because they are attractive and supportive. **Objective:** The general objective of this work is to develop a prototype of a serious digital exergame for smartphone, based on dance therapy and biomechanical data without the use of markers, to encourage the process of motor rehabilitation of stroke victims, and attend the neurofunctional needs of patients and therapeutic goals. **Method:** The first stage of project development was the gathering of requirements for the system and the project scope. Therefore, interviews were conducted with physiotherapists, stroke victims and caregivers. We chose to develop a game based on dance therapy, whose movements are based on rehabilitation therapies. For the development of the project, the body tracking technology developed by Apple was used, available on its smartphones, whose camera detects the presence of a person and estimates the coordinates of 89 joint points. Together with physiotherapy professionals, a choreography consistent with the principles of motor rehabilitation was developed. For each movement, a series of mathematical and geometric conditions was created so that the system could assess the patient's performance. At the end of prototype development, the game was tested at the Paraná Rehabilitation Hospital by physiotherapists and patients. The physiotherapists who participated in the research answered a usability questionnaire to evaluate the product. **Results:** The Game Design Document (GDD) of the project was prepared with detailed descriptions about how the game works. The programming was made in Swift to run on iOS, the operating system for Apple smartphones. The product developed is an application for cell phones, with the only need to connect the device to a TV to project the image, without using computers or external sensors. The physiotherapists felt confident using the application, and considered it easy to use. Patients were motivated by performing the choreography and wanted to play again to beat their own records. The main suggestions given by the physiotherapists who tested the system were that the application should offer a greater number of choreographies, with different levels of difficulty, and progression conditions to facilitate patient learning. **Conclusion:** The fact that the game was developed as a mobile application brought some advantages such as being a very portable product, easy to install and use. This practicality was one of the characteristics that most impressed the physiotherapists during the testing phase, and the game proved to be a good complement to the post-stroke motor rehabilitation sessions and patients were motivated during the period of use.

Keywords: Serious games, motor rehabilitation, stroke, body-tracking, mobile application, dance therapy.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Classificações médias de pontuação do SUS correspondentes às sete classificações de adjetivos (média/desvio padrão).	32
Figura 2. Comparação das classificações de adjetivo, escores de aceitabilidade e escalas de notas escolares em relação à pontuação média do SUS.	32
Figura 3. Representação das articulações detectadas pelo <i>body-tracking</i>	39
Figura 4. Representação de segmentos gerados a partir de pontos.	39
Figura 5. Movimento dividido em diferentes amplitudes.	41
Figura 6. Componentes de uma classe.....	43
Figura 7. Exemplo simplificado de uma classe do sistema.....	44
Figura 8. Diagrama simplificado da classe <i>GameViewController</i> e suas heranças..	44
Figura 9. Classes <i>Joint</i> e <i>Sphere3D</i>	45
Figura 10. Relacionamento entre classes.	46
Figura 11. Representação da classe <i>Condition</i>	46
Figura 12. Representação da classe <i>AngleCondition</i>	47
Figura 13. Representação da classe <i>AngleCondition</i>	48
Figura 14. Função para calcular o ângulo entre três pontos.....	49
Figura 15. <i>Angle Condition</i>	50
Figura 16. Diagrama da classe <i>Angle Condition</i>	51
Figura 17. Utilização da função que calcula o ângulo entre três pontos.....	51
Figura 18. <i>Axis Angle Condition</i>	52
Figura 19. Diagrama da classe <i>Axis Angle Condition</i>	53
Figura 20. Função que calcula o ângulo entre um vetor e um dos eixos do sistema de coordenadas.....	54
Figura 21. <i>Angle Between Vectors Condition</i>	55
Figura 22. Diagrama da classe <i>Angle Between Vectors Condition</i>	55
Figura 23. Cálculo do ângulo entre vetores.	56
Figura 24. <i>Angle Between Vectors in Plane Condition</i>	57
Figura 25. Diagrama da classe <i>Angle Between Vectors in Plane Condition</i>	58
Figura 26. Função <i>checkCondition</i> da classe <i>AngleBetweenVectorsInPlaneCondition</i>	59
Figura 27. <i>Coordinate Condition</i>	60
Figura 28. Diagrama da classe <i>Coordinate Condition</i>	60

Figura 29. <i>Position Condition</i>	61
Figura 30. Diagrama da classe <i>Position Condition</i>	62
Figura 31. <i>Distance Condition</i>	63
Figura 32. Diagrama da classe <i>Distance Condition</i>	63
Figura 33. Cálculo da distância entre dois pontos	64
Figura 34. <i>Axis Distance Condition</i>	64
Figura 35. Diagrama da classe <i>Axis Distance Condition</i>	65
Figura 36. Cálculo da distância entre dois pontos projetada no eixo x do sistema de coordenadas.....	65
Figura 37. <i>Relative Distance Condition</i>	66
Figura 38. Diagrama da classe <i>Relative Distance Condition</i>	67
Figura 39. Cálculo da distância relativa na classe <i>RelativeDistanceCondition</i>	67
Figura 40. Representação da classe <i>Pose</i>	68
Figura 41. Representação da classe <i>Movement</i>	69
Figura 42. Representação da classe <i>Step</i>	70
Figura 43. Representação da classe <i>Track</i>	70
Figura 44. Representação da classe <i>Choreography</i>	71
Figura 45. Representação da classe <i>StepPerformance</i>	73
Figura 46. Representação da classe <i>TrackPerformance</i>	73
Figura 47. Representação da classe <i>Performance</i>	74
Figura 48. Representação simplificada das classes de reconhecimento de pose e coreografia.	75
Figura 49. TV espelhando a imagem da tela do celular.....	77
Figura 50. Paciente utilizando o aplicativo durante sessão de fisioterapia.	78
Figura 51. Diagrama de camadas do sistema.....	80
Figura 52. Esboço dos componentes do jogo.	81
Figura 53. Elementos da interface do jogo.....	83
Figura 54. Paleta de cores da interface.	84
Figura 55. Diagrama de fluxo de tela.	85
Figura 56. Tela do menu principal do aplicativo.	85
Figura 57. Diagrama de fluxo da tela do menu principal.....	86
Figura 58. Tela de gerenciamento de pacientes.	86
Figura 59. Diagrama de fluxo da tela de gerenciamento de pacientes.	87
Figura 60. Tela de cadastro de paciente.....	87

Figura 61. Diagrama de fluxo da tela de cadastro de paciente.....	88
Figura 62. Tela de detalhes do paciente.....	88
Figura 63. Diagrama de fluxo da tela de detalhe do paciente.....	89
Figura 64. Tela de histórico de partidas do paciente.	89
Figura 65. Diagrama de fluxo da tela de histórico de partidas.	90
Figura 66. Tela de exportação de dados.....	91
Figura 67. Diagrama de fluxo da tela de exportação de dados.....	91
Figura 68. Tela de seleção de paciente.	93
Figura 69. Diagrama de fluxo da tela de seleção de paciente.	93
Figura 70. Tela de seleção de música.	94
Figura 71. Diagrama de fluxo da tela de seleção de música.	94
Figura 72. Tela de <i>loading</i> do jogo.....	95
Figura 73. Diagrama de fluxo da tela de <i>loading</i>	95
Figura 74. Tela do jogo – Instruções iniciais.	96
Figura 75. Tela do jogo – Instruções para iniciar a partida.	96
Figura 76. Tela do jogo – Contagem regressiva.	97
Figura 77. Tela do jogo – Execução da coreografia.....	98
Figura 78. Diagrama de fluxo da tela de jogo.	98
Figura 79. Tela de <i>pause</i>	99
Figura 80. Diagrama de fluxo da tela de <i>pause</i>	99
Figura 81. Tela de resultado.	100
Figura 82. Diagrama de fluxo da tela de resultado.	100
Figura 83. Representação da classe <i>AngleCondition</i>	167
Figura 84. Representação da classe <i>AxisAngleCondition</i>	167
Figura 85. Representação da classe <i>AngleBetweenVectorsCondition</i>	168
Figura 86. Representação da classe <i>AngleBetweenVectorsInPlaneCondition</i>	168
Figura 87. Representação da classe <i>CoordinateCondition</i>	169
Figura 88. Representação da classe <i>PositionCondition</i>	169
Figura 89. Representação da classe <i>DistanceCondition</i>	170
Figura 90. Representação da classe <i>AxisDistanceCondition</i>	170
Figura 91. Representação da classe <i>RelativeDistanceCondition</i>	171

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Afirmações do questionário de usabilidade SUS validado em Língua Portuguesa.	31
Tabela 2: Trecho da planilha contendo os movimentos da coreografia.....	42
Tabela 3: Recorte de arquivo CSV exportado pelo sistema.	92
Tabela 4: Descrição das respostas fornecidas no questionário de usabilidade aplicado.	101
Tabela 5: Sugestões dadas pelos fisioterapeutas.....	101

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

3D	3 Dimensões
API	<i>Application Programming Interface</i>
AR	<i>Augmented Reality</i>
ARKit	<i>Augmented Reality Kit</i>
AVC	Acidente Vascular Cerebral
AVE	Acidente Vascular Encefálico
CEP	Comitê de Ética em Pesquisa
DALY	<i>Disability-adjusted life-years</i>
DNT	Doença não transmissível
GC	Grupo dos Cuidadores
GF	Grupo dos Fisioterapeutas
GH	Grupo dos Indivíduos Hígidos
GP	Grupo dos Pacientes
HDMI	<i>High-Definition Multimedia Interface</i>
IDE	<i>Integrated Development Environment</i>
IREX	<i>Interactive Rehabilitation and Exercise System</i>
LAHM	Laboratório de Motricidade Humana
MVP	<i>Minimum Viable Product</i>
OE	Objetivo Específico
PIBIC	Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica
PPGTS	Programa de Pós-Graduação em Tecnologia em Saúde
PUCPR	Pontifícia Universidade Católica do Paraná
SDK	<i>Software Development Kit</i>
SG	<i>Serious Games</i>
SNC	Sistema Nervoso Central
SUS	<i>System Usability Scale</i>
TAM	<i>Technology Acceptance Model</i>
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
UML	Linguagem de Modelagem Unificada
VR	<i>Virtual Reality</i>
WSO	<i>World Stroke Organization</i>

SUMÁRIO

1. APRESENTAÇÃO	1
2. INTRODUÇÃO	2
2.1. PROBLEMATIZAÇÃO	5
2.2. OBJETIVOS.....	7
2.2.1. Objetivo Geral.....	7
2.2.2. Objetivos Específicos	7
3. REVISÃO DA LITERATURA	8
3.1. AVC E SUAS CONSEQUÊNCIAS.....	8
3.2. TÉCNICAS DE REABILITAÇÃO	9
3.2.1. Dança como auxílio na reabilitação	10
3.3. JOGOS DIGITAIS, JOGOS SÉRIOS E <i>EXERGAMES</i>	12
3.4. APLICAÇÃO DE JOGOS SÉRIOS COMO AUXÍLIO NA REABILITAÇÃO ...	13
3.5. EXEMPLOS DE JOGOS SÉRIOS EXISTENTES	14
3.6. SISTEMAS E SENSORES DE MOVIMENTO	16
3.7. ALTERNATIVAS PARA DETECÇÃO DE MOVIMENTO.....	19
3.8. TÉCNICAS DE <i>FEEDBACK</i> E PARÂMETROS PARA O DESENVOLVIMENTO DE JOGOS SÉRIOS	22
3.9. TÉCNICAS DE DESENVOLVIMENTO DE JOGOS SÉRIOS	23
3.10. CARACTERÍSTICAS DESEJADAS EM JOGOS SÉRIOS PARA REABILITAÇÃO	26
3.11. TÉCNICAS DE LEVANTAMENTO DE REQUISITOS.....	28
3.12. AVALIAÇÃO DE JOGOS SÉRIOS.....	28
3.12.1. Análise da Usabilidade	30
4. METODOLOGIA	33
4.1. LEVANTAMENTO DE REQUISITOS	33
4.1.1. Análise das Entrevistas	33
4.2. DESENVOLVIMENTO DO JOGO SÉRIO	36
4.3. DELIMITAÇÃO DO ESCOPO DO PROJETO	37
4.4. TECNOLOGIA UTILIZADA.....	37
4.5. ALGORITMOS DE DETECÇÃO DE MOVIMENTOS	38
4.6. MODELAGEM DO SISTEMA	43
4.7. ARQUITETURA DAS CLASSES DE DETECÇÃO DE POSES.....	46
4.7.1. <i>Angle Condition</i>	50

4.7.2. <i>Axis Angle Condition</i>	51
4.7.3. <i>Angle Between Vectors Condition</i>	54
4.7.4. <i>Angle Between Vectors in Plane Condition</i>	56
4.7.5. <i>Coordinate Condition</i>	59
4.7.6. <i>Position Condition</i>	61
4.7.7. <i>Distance Condition</i>	62
4.7.8. <i>Axis Distance Condition</i>	64
4.7.9. <i>Relative Distance Condition</i>	65
4.8. ARQUITETURA DAS CLASSES DA COREOGRAFIA	68
4.8.1. <i>Movement</i>	69
4.8.2. <i>Step</i>	69
4.8.3. <i>Track</i>	70
4.8.4. <i>Choreography</i>	71
4.9. DESENVOLVIMENTO DA COREOGRAFIA	71
4.10. ARQUITETURA DAS CLASSES DE PERFORMANCE	72
4.11. DESENVOLVIMENTO DA INTERFACE	75
4.12. TESTES	76
5. RESULTADOS	79
5.1. ESTRUTURA DO SISTEMA	79
5.2. ELABORAÇÃO DO DOCUMENTO DO PROJETO DO JOGO	80
5.2.1. <i>Visão Geral</i>	81
5.2.2. <i>Jogabilidade</i>	82
5.2.3. <i>Controles</i>	83
5.2.4. <i>Câmera</i>	83
5.2.5. <i>Ambientação do Jogo</i>	84
5.2.6. <i>Interface</i>	84
5.3. RESULTADO DA ANÁLISE DE USABILIDADE	101
6. DISCUSSÃO	104
6.1. TRABALHOS FUTUROS	107
7. REFERÊNCIAS	108
8. APÊNDICE	118
8.1. ANEXO I - TCLE FISIOTERAPEUTAS	119
8.2. ANEXO II - TCLE PACIENTES	121
8.3. ANEXO III - TCLE CUIDADORES	123
8.4. ANEXO IV – RELATÓRIO PIBIC	125
8.5. ANEXO V – DIAGRAMAS DE CLASSE	167

1. APRESENTAÇÃO

Essa dissertação está inserida no contexto do projeto Desenvolvimento de Jogos Sérios para Auxílio à Reabilitação Pós Acidente Vascular Cerebral (AVC) pertencente ao grupo de pesquisa da prof.^a Dra. Elisângela Ferretti Manffra, do Programa de Pós-Graduação em Tecnologia em Saúde (PPGTS) da Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR). O presente trabalho atende à demanda de projetos de duas linhas de pesquisa: em Bioengenharia, Desenvolvimento de Tecnologias Biomédicas e Assistivas; e em Avaliação de Tecnologia em Saúde, Avaliação de Tecnologias Biomédicas e Assistivas.

Somam-se a essa dissertação dois outros projetos, de iniciação científica (PIBIC): projeto da graduanda de Fisioterapia, Luana Marcela Miranda, e da graduanda de Design, Luana Kaiss, ambas da PUCPR, sob orientação da Prof.^a Dr.^a Elisângela Ferretti Manffra.

O projeto de PIBIC desenvolvido pela estudante de Fisioterapia contou com a supervisão da prof.^a Dr.^a Ana Paula Cunha Loureiro, especialista em Fisioterapia Neurofuncional. O objetivo principal do trabalho foi identificar os requisitos a serem atendidos pelo jogo sério, para atingir os objetivos terapêuticos da reabilitação motora pós-AVC.

O projeto de PIBIC desenvolvido pela estudante de Design teve como objetivo principal desenvolver o fluxo de telas do aplicativo, elaborar *wireframes*, protótipos de navegação de telas e recursos gráficos. Destaca-se a ênfase em proporcionar a boa experiência dos usuários (pacientes e terapeutas) durante o uso do aplicativo.

Os procedimentos relatados na presente dissertação e nos projetos de PIBIC fazem parte do projeto de aprovação pelo Comitê de Ética e Pesquisa em Seres Humanos (CEP), (CAAE: 25564919.2.0000.0020, parecer n.º 3.963.526), da PUCPR.

2. INTRODUÇÃO

Em contexto mundial, ocorre um grande enfrentamento relacionado aos casos de Acidente Vascular Cerebral (AVC). Apesar das taxas de incidência encontrarem-se estáveis, e das taxas de mortalidade estarem em declínio nas últimas décadas, a escala de incapacidade, *Disability-Adjusted Life-Years* – DALYs, a qual indica o número de anos que determinado indivíduo pode esperar viver de forma saudável, mostra que essa esperança está sendo reduzida devido ao impacto das sequelas decorrentes do AVC. Destaca-se também o fato de os óbitos relacionados a essa doença estarem aumentando (FEIGIN, FOROUZANFAR & KRISHNAMURTHI, 2014). Aproximadamente 14 milhões de pessoas sofrem AVC a cada ano, e em todo o mundo mais de 80 milhões de pessoas convivem com os impactos das sequelas dessa doença em suas vidas. Pesquisas recentes indicam que a atuação em ações preventivas pode reduzir significativamente os níveis globais de AVC (WSO, 2020).

Os sobreviventes do AVC convivem com sequelas e, muitas vezes, administram suas limitações e estado de saúde resultantes como uma condição crônica. À medida que a população de idosos sobreviventes ao AVC aumenta e, conseqüentemente, tem-se um maior número desses sobreviventes com deficiências e necessidades de cuidados crônicos, os procedimentos de reabilitação e terapia têm um papel cada vez mais relevante. A reabilitação pós-AVC pode ser oferecida em programas de internação, em domicílio e na comunidade, e inclui terapias para recuperação das funções motora, cognitiva, emocional, ocupacional, da fala e recreativas.

A disponibilidade e o acesso a serviços de reabilitação e cuidados para pacientes em processo de transição da fase aguda (hospitalar), para as fases subagudas e crônicas (domiciliar), varia drasticamente, especialmente nos países em desenvolvimento e subdesenvolvidos. Diversos fatores contribuem para a limitação na disponibilidade e acessibilidade aos tratamentos, tais como: conhecimento insuficiente do médico sobre o papel da reabilitação; falta de componente de reabilitação no padrão de atendimento; longo intervalo de ação entre o início do AVC até a admissão para reabilitação; prestação infrequente, não qualificada e de curta duração de cuidados de reabilitação; e seguro público ou suporte financeiro para cuidados de reabilitação inadequados (YAN *et al.*, 2016).

Em busca de recursos eficazes, atrativos e motivadores para reabilitação, a tecnologia vem se destacando (PAVÃO *et al.*, 2013). Diante desse cenário, vislumbrou-se a possibilidade de empregar tecnologias de jogos digitais, pois estes têm potencial para ir ao encontro das necessidades das pessoas em reabilitação, facilitar sua interação com o mundo e sua (re)integração com a sociedade. De acordo com Barros, Passos & Nunes (2012), o uso de jogos terapêuticos digitais na reabilitação vem aumentando. Para os autores, tais jogos são considerados muito pertinentes, pois permitem que as sessões de terapia sejam customizadas de acordo com as habilidades de cada indivíduo. Possibilitam, também, a captura dos movimentos naturais dos pacientes, o que os motiva para realização das atividades indicadas pelos profissionais de saúde (TROMBETTA *et al.*, 2017).

Diferentes propostas de reabilitação vêm sendo desenvolvidas com uso de tecnologias digitais destinadas à recuperação motora e funcional, chamados Jogos Sérios (*Serious Games* - SG); e com aplicação de jogos criados para fins de entretenimento, chamados *exergames*, comumente comerciais. Ambos os tipos de jogos têm sido usados amplamente na reabilitação motora de diversas populações. O *Jintronix Rehabilitation Gaming System* (NOROUZI-GHEIDARI *et al.*, 2013), *Interactive Rehabilitation and Exercise System (IREX)* (LEE, 2015) e o *Game Motion Rehab* (MARTEL, COLUSSI & MARCHI, 2016) são exemplos de Jogos Sérios; e o Kinect Adventure® e Nintendo Wii (LEE, 2013; LEE, SHIN & SONG, 2016) são exemplos de sistemas comerciais de entretenimento, mas que também tem sido utilizados na reabilitação pós-AVC.

Estudos têm demonstrado que os Jogos Sérios podem melhorar a chance de sucesso das terapias. Tăut *et al.* (2017) realizou uma revisão sistemática estruturada, com o objetivo de avaliar a eficácia dos jogos de reabilitação física para melhorar funções motoras, com foco na recuperação do membro superior e equilíbrio/movimento, após vários danos cerebrais traumáticos ou degenerativos. Os resultados obtidos mostram efeitos pequenos a médios na melhoria dos pacientes (0,3 a 0,7), e demonstram que os Jogos Sérios são mais eficazes na melhoria das funções motoras do membro superior e movimento/equilíbrio em comparação com nenhuma intervenção ou com as técnicas convencionais de reabilitação (TĂUT *et al.*, 2017). Noveletto *et al.* (2020) apresenta um Jogo Sério com ênfase na força muscular para reabilitação motora do membro inferior em pacientes hemiparéticos pós-AVC, e demonstra melhora nos aspectos: de força muscular, controle motor, velocidade de

marcha, bem como na mobilidade funcional após a fase aguda da doença (3 meses após o AVC). Cameirão *et al.* (2016) realizou estudos de caso com aplicação de duas técnicas diferentes, a reabilitação supervisionada e aplicação de um jogo sério. Os resultados apontaram que a conjunção entre o maior número de repetições e a especificidade da tarefa é um ingrediente importante para o sucesso do tratamento, promovendo níveis de recuperação mais altos e rápidos às vítimas de AVC.

Como citado, estratégias terapêuticas têm sido usadas na reabilitação pós-AVC demonstrando que o treinamento intensivo, repetitivo e orientado por tarefas é benéfico para os pacientes (HILL *et al.*, 2012). Contudo, a repetição pode também levar a uma falta de motivação e a problemas de engajamento do paciente (BURKE *et al.*, 2009). Cumpre observar, nesse contexto, o fator positivo da aplicação de Jogos Sérios para terapias de reabilitação motora, por serem considerados uma solução altamente promissora no propósito de minimizar e neutralizar os aspectos desmotivadores (SANDLUND, MCDONOUGH & HÄGER-ROSS, 2009). Estudos demonstram que durante as sessões terapêuticas, nessa modalidade, os jogos ajudam a manter a disposição, o interesse e a participação dos pacientes (MACLEAN *et al.*, 2002). Essa motivação é particularmente importante na reabilitação de longo prazo para a manutenção das habilidades motoras, principalmente de pacientes crônicos. Os jogos apresentam, portanto, uma alternativa à terapia convencional, que consiste em atividades intensas e repetitivas no decorrer das muitas sessões, as quais, comumente, passam a se tornar monótonas nesse processo (BURKE *et al.*, 2009). Para melhorar a aprendizagem motora e manter a motivação, os desenvolvedores de jogos focam em modos de interação pessoa-ambiente que seriam semelhantes à vida real, incorporando recursos que permitem detectar e espelhar os movimentos naturais do corpo (DE SOUZA *et al.*, 2012). Esse potencial cria uma sensação de imersão no ambiente virtual e, somado aos recursos cuidadosamente projetados, como gênero de história, fantasia, *design* e recompensas ao personagem, influencia potencialmente nos processos cognitivos como interesse e motivação. Estes, por sua vez, reforçam a prática e a aprendizagem motora (BARANOWSKY *et al.*, 2008).

A associação de sistemas de monitoramento remoto com coleta de dados relevantes permite verificar se o paciente está realizando as sessões conforme preconizado e com a qualidade desejada na execução dos exercícios. Desse modo, os terapeutas dos centros especializados em reabilitação podem acompanhar o

paciente remotamente e, havendo necessidade, é possível intervir utilizando meios de comunicação remotos, de forma semelhante a serviços de telemedicina.

Noveletto *et al.* (2020) apresentam um jogo sério biomédico com ênfase em força, para reabilitação motora do membro inferior em pacientes hemiparéticos pós-AVC. A proposta combina jogo e *design* de interface de controle direcionado para a função a ser reabilitada, com o objetivo de avaliar a eficácia terapêutica do jogo proposto, investigando as propriedades métricas para avaliação clínica da recuperação motora do paciente. Trombetta *et al.* (2017) apresentam a primeira versão do *Motion Rehab AVE 3D*, um exergame para reabilitação de pacientes pós-AVC com paresia leve. Esse jogo utiliza o sensor Kinect de movimento e dispositivos de realidade virtual e visa oferecer uma ferramenta auxiliar no processo de recuperação da função motora do membro superior, colaborando para o equilíbrio. Essas funções estão inter-relacionadas e têm extrema importância no desenvolvimento das atividades diárias dos pacientes pós-AVC.

A dança torna-se uma atividade particularmente relevante para pacientes com AVC, pois consiste em um meio eficaz de promover a recuperação, o bem-estar e combater os riscos relacionados ao sedentarismo (MORICE *et al.*, 2020). A alegria, a satisfação e os benefícios da dança - genuinamente percebidos pelos participantes - aumentam a motivação intrínseca, o que por sua vez a favorece a adesão à atividade física (LÓPEZ-ORTIZ *et al.*, 2012; SANDEL *et al.*, 2005; MURCIA *et al.*, 2010). O fator de alta adaptabilidade à dança torna essa prática adequada às diferentes condições dos pacientes e inclusive, abrange aspectos motores e cognitivos de forma ampla. Esse ponto é extremamente importante porque tarefas que são muito difíceis ou muito fáceis levarão a níveis mais baixos de motivação, aprendizagem motora e adesão (GREEN & BAVELIER, 2008). Todos esses elementos podem explicar o sucesso de programas de dança aplicados a pacientes com doenças crônicas (DOS SANTOS *et al.*, 2018).

2.1. PROBLEMATIZAÇÃO

A fisioterapia é um processo importante para a reabilitação motora, principalmente para pacientes com patologias neuromotoras. Para gerar resultados positivos, os procedimentos de reabilitação exigem que os pacientes se concentrem no desempenho do exercício reproduzindo movimentos específicos para alcançar o

ganho desejável. Pesquisas na área de jogos sérios estão sendo desenvolvidas usando realidade virtual (*Virtual Reality* - VR) e tecnologias de realidade aumentada (*Augmented Reality* - AR) para orientação de exercícios aos pacientes quando não há supervisão profissional disponível. Essas soluções também podem ser integradas com sistemas de tele reabilitação ou e-reabilitação, por meio dos quais os terapeutas podem monitorar remotamente o desempenho dos pacientes e mudar os planos de tratamento de acordo com seu progresso (HOSSAIN *et al.*, 2016). Tais soluções de reabilitação visam fornecer resultados semelhantes aos da terapia tradicional, ou ainda melhores, com promissoras evoluções dos pacientes ao longo do tempo de terapia (HOSSAIN *et al.*, 2016).

Considerando-se os contextos de desenvolvimento de jogos sérios, pode-se verificar que as técnicas de criação e utilização apresentam diferentes abordagens. Vários estudos abordaram os efeitos positivos dos sistemas de VR como terapia adicional na reabilitação neurológica (SAPOSNIK & LEVIN, 2011; PRANGE *et al.*, 2006; FEYS *et al.*, 2015; GIJBELS *et al.*, 2011; FASOLI *et al.*, 2003; TIMMERMANS *et al.*, 2014), os quais têm mostrado efeitos positivos, como o aumento da função e atividade do membro afetado e aumento da motivação do paciente, mas os custos dos dispositivos utilizados são altos (SIN & LEE, 2013; VANMULKEN *et al.*, 2015). Além disso, esses dispositivos costumam ser desconfortáveis, pois há necessidade de utilização de aparelhos no corpo, e muitas vezes os pacientes apresentam dificuldade em usá-los (SIN & LEE, 2013).

Os sistemas de captura de movimento sem marcadores (ou seja, sem marcadores ou sensores no corpo), como Nintendo Wii, Playstation Move e Kinect, utilizam videogames e têm sido usados na reabilitação de pacientes. Estudos mostraram aumento da motivação para a reabilitação, bem como melhora da função motora e correção do movimento após o treinamento (SIN & LEE, 2013; SAPOSNIK & LEVIN, 2011), porém apenas alguns estudos analisaram a personalização de jogos Kinect para vítimas de AVC. Nesses estudos, observou-se que nenhum foco específico foi dado aos padrões de coordenação, os quais são importantes na recuperação do AVC (BROKAW, ECKEL & BREWER, 2014; PASTOR, HAYES & BAMBERG, 2012). Embora haja um número crescente de estudos envolvendo sistemas de captura de movimento sem marcadores na reabilitação, ainda são escassos os que apresentam conhecimento e evidência do conteúdo do treinamento e a eficácia desses sistemas (CLARK *et al.*, 2012; WEBSTER & CELIK, 2014).

A proposta desse projeto é desenvolver um Jogo Sério, específico para reabilitação pós-AVC, que dispense o uso de computadores e marcadores no corpo, e que utilize exclusivamente os recursos disponíveis no celular para: manuseio do jogo, captura dos movimentos e processamento dos dados. Dessa forma, o usuário dependerá apenas do celular com o aplicativo instalado e de uma TV para espelhar a imagem do celular, o que difere esse projeto dos demais encontrados na literatura levantada. Sendo assim, seu uso se torna muito mais simples e o produto mais portátil, podendo ser utilizado em hospitais e clínicas de reabilitação e até mesmo na residência do paciente. Desse modo, auxilia positivamente na aceleração da recuperação funcional, na promoção da mobilidade e na redução dos custos, se comparados às terapias que necessitam de mais recursos.

2.2. OBJETIVOS

2.2.1. Objetivo Geral

O objetivo geral desse trabalho é desenvolver um protótipo de um jogo sério digital *exergame*, com base em dançaterapia, a ser utilizado em smartphone, para auxiliar na reabilitação motora de pessoas vítimas de AVC, com detecção de dados biomecânicos sem a utilização de marcadores e que atenda às necessidades de pacientes e terapeutas.

2.2.2. Objetivos Específicos

Para que seja possível atingir objetivo geral, a pesquisa   constituída dos seguintes objetivos específicos:

OE1: Implementar um jogo de dança com base na detecção de movimentos corporais.

OE2: Testar o aplicativo com fisioterapeutas e pacientes em ambiente real de reabilitação motora.

OE3: Avaliar a usabilidade do protótipo com questionários aplicados aos fisioterapeutas que participaram da pesquisa.

3. REVISÃO DA LITERATURA

Na a revisão da literatura serão abordados dados estatísticos sobre AVC a nível mundial, bem como a descrição de técnicas de reabilitação existentes para os sobreviventes da doença, o contexto dos jogos sérios aplicados à reabilitação, exemplos de jogos existentes, aprofundamento na teoria sobre sensores e detectores de movimento, técnicas utilizadas para desenvolvimentos de jogos sérios e métodos de avaliação sugeridos para aplicação no desenvolvimento de jogos sérios.

3.1. AVC E SUAS CONSEQUÊNCIAS

O AVC é frequentemente descrito como uma doença cerebral causada pela interrupção do fornecimento de sangue ao cérebro, e pode ser classificado em dois tipos principais: isquêmico ou hemorrágico (WHO, 2013). A quantidade de ocorrências de AVC durante um ano é de, aproximadamente, 14 milhões de indivíduos, e destes, 5,5 milhões não resistem à doença. Uma a cada quatro pessoas acima de 25 anos terá AVC ao longo da vida, e há 80 milhões de pessoas no mundo vivendo com as consequências dessa doença (WSO, 2020).

Segundo Cameirão *et al.* (2016), sobreviventes de AVC geralmente são afetados por prejuízos físicos, deficiência cognitiva ou emocional e requerem assistência parcial ou completa na realização das atividades do dia a dia. Lidar com a carga social e econômica resultante do alto número de sobreviventes de AVC com deficiência permanente representa um grande desafio para as sociedades modernas. O desafio torna-se ainda maior levando em conta o envelhecimento duradouro da população mundial (SANDER *et al.*, 2014) que, conseqüentemente, resultará no aumento do número de indivíduos com doenças relacionadas à idade, como o AVC.

O AVC provoca diversas alterações motoras e funcionais ao indivíduo, como a paralisia de um lado do corpo. A paresia é uma das sequelas mais incapacitantes e prevalentes em vítimas de AVC (ADA, DORSCH & CANNING, 2006). As sequelas motoras mais comuns são a hemiplegia (perda total de movimentos de um lado do corpo) ou hemiparesia (perda parcial de movimentos de um lado do corpo), contralateral ao hemisfério afetado, podendo atingir membros superiores, tronco e membros inferiores (COUPAR *et al.*, 2012). O déficit de força muscular compromete a execução das atividades diárias, tornando difícil a transferência de peso corporal

para o lado prejudicado, enfatizando assim as incapacidades e limitações que estão relacionadas ao equilíbrio normal e mobilidade (LANGHORNE, BERNHARDT & KWAKKEL, 2011).

3.2. TÉCNICAS DE REABILITAÇÃO

O processo de reabilitação consiste em um conjunto de procedimentos para recuperar o máximo da função perdida pelo paciente, de modo a melhorar as capacidades funcionais e intelectuais por meio da neuroplasticidade para reeducação das funções motoras e cognitivas (ARAÚJO & BARBOSA, 2013). O uso de várias técnicas durante a terapia fornece uma melhor resposta ao tratamento, uma vez que o processo de adaptação e reorganização cortical de cada paciente pode acontecer de diferentes maneiras. Dessa forma, faz-se necessária a utilização constante de novas alternativas de tratamento, sem substituir aquelas já existentes.

No passado havia a ideia de que a recuperação pós-AVC ocorria no período entre os primeiros três meses até um ano do evento (JØRGENSEN *et al.*, 1995). No entanto, após anos de evidências, avaliou-se que os exercícios de reabilitação podem melhorar as habilidades funcionais mesmo alguns anos após o AVC (DEAN *et al.*, 2009). A *American Stroke Association* enfatiza a importância da atividade física para sobreviventes de AVC, incluindo atividade aeróbica de baixa a moderada intensidade e atividades de fortalecimento muscular (HORNBY *et al.*, 2020). Programas de fortalecimento diminuem déficits de força, melhoram a marcha e mobilidade dos pacientes (HORNBY *et al.*, 2020; HILL *et al.*, 2012).

O objetivo das terapias de reabilitação pós-AVC é trabalhar a interação entre a recuperação motora e a plasticidade cortical. No entanto, com o passar do tempo, os pacientes tendem a se cansar e pensar que o processo de treinamento é monótono, o que muitas vezes leva à perda de motivação para a reabilitação. De acordo com Joo *et al.* (2010), a motivação é um dos elementos que mais influenciam na plasticidade do Sistema Nervoso Central (SNC), por esse motivo é importante oferecer alternativas de tratamento que contemplem esse fator.

Nesse contexto, os jogos de reabilitação podem aumentar a motivação, pois oferecem um ambiente rico e distinto (SARDI, SCHUSTER & ALVARENGA, 2012). Pesquisas recentes relatam que os sistemas de realidade virtual proporcionam uma inovação no campo da reabilitação de AVC (KONG *et al.*, 2016) por auxiliar na

elaboração de programas de tratamento com foco na recuperação funcional global. Adicionalmente, os jogos digitais têm se mostrado eficazes na reabilitação pós-AVC, destacando-se: a redução dos riscos de quedas (FONSECA, SILVA & PINTO, 2016), auxílio na recuperação de funcionalidades e melhorias significativas no aspecto cognitivo e motor.

A reabilitação visa à reintegração dentro de um trabalho global, mantendo a tendência de primeiro tentar reduzir as limitações funcionais e, posteriormente, aumentar a reintegração social ou adaptação no ambiente (BERTOLDI, 1997). Os métodos utilizados na fisioterapia neurofuncional para tratamento de pacientes com AVC foram desenvolvidos de maneira independente por vários pioneiros após a década de 50. Dentre as diversas técnicas utilizadas na fisioterapia neurofuncional, encontram-se: cinesioterapia, hidroterapia, equoterapia, conceito *Bobath*, facilitação neuromuscular proprioceptiva (*Kabat*), eletroterapia, entre outros (CALIL *et al.*, 2007).

A cinesioterapia é o uso do movimento ou exercício como forma de tratamento, a fim de reabilitar ou reequilibrar as forças mecânicas atuantes no organismo como um todo, proporcionando melhora na qualidade do movimento e na qualidade de vida. Portanto, a cinesioterapia é de fundamental importância para a fisioterapia, visto que o movimento se cura com o movimento (HALL & BROODY, 2001). A cinesioterapia é o recurso mais utilizado no paciente com hemiplegia e há diferentes maneiras de aplicá-lo. A dança, por exemplo, trabalha o referido reequilíbrio das forças por meio do estímulo musical e surge como recurso auxiliar na reabilitação, pois cria possibilidades de explorar o corpo de forma ampla, com refinamento da percepção e desenvoltura corporal e desenvolvimento da sensibilidade artística. Desse modo, cria também, possibilidades para estimular aspectos neuropsicomotores e sociais, os quais promovem melhora na qualidade de vida.

3.2.1. Dança como auxílio na reabilitação

Recentemente, a dança tem se mostrado uma modalidade de tratamento promissora, por apresentar efeito duradouro nas perspectivas psicoemocionais, mostrando o potencial de utilização como atividade física aplicada em reabilitação (HACKNEY & EARHART, 2010). Há evidências crescentes para apoiar o uso da dança na reabilitação em pacientes com limitações distintas. Uma revisão sistemática de Keogh *et al.* (2009) sugeriu que a prática da dança pode apresentar múltiplos

benefícios físicos para idosos, trazendo melhoria nos seguintes parâmetros: potência aeróbia, resistência muscular, força e flexibilidade da parte inferior do corpo; equilíbrio/agilidade estática e dinâmica; e velocidade de marcha.

Para pessoas com distúrbios neurológicos, a dança pode preencher a lacuna entre uma atividade social agradável e um exercício terapêutico dispensado na intensidade adequada para atingir o fortalecimento, a mobilidade e o equilíbrio (RITTER & LOW, 1996).

Uma alternativa de intervenção cada vez mais utilizada na reabilitação para melhorar o controle do equilíbrio em pessoas com doenças neurológicas é a terapia de dança (SUBRAMANIAM & BHATT, 2015). Movimentos de dança podem ser particularmente úteis para pessoas vítimas de AVC, pois facilitam deslocamentos contínuos do centro de pressão dentro dos limites de estabilidade dos indivíduos. Uma pesquisa mostrou que estratégias de treinamento que implementem deslocamentos contínuos dos centros de pressão proporcionam potencial para o treinamento de mudança de peso para o membro parético, resultando em melhor simetria na distribuição de peso (DING *et al.*, 2013), sendo que essa distribuição simétrica de peso ao levantar e caminhar está associada a um melhor desempenho no controle do equilíbrio voluntário e redução do risco de queda entre os sobreviventes de AVC (SUBRAMANIAM & BHATT, 2015).

Terapias alternativas, como a dança, podem fornecer uma reabilitação abrangente, por ter a possibilidade de implementação da prática de movimento de corpo inteiro. Uma revisão sistemática analisou a influência da dança em idosos saudáveis e encontrou benefícios positivos para fatores de redução do risco de queda, como equilíbrio, marcha, força e desempenho físico (FERNANDEZ-ARGUELLES *et al.*, 2015). A dança demonstrou influenciar tanto no controle do equilíbrio quanto na funcionalidade dos membros superiores entre idosos (MURROCK, GRAOR & SUESMITZEL, 2015; SHIGEMATSU *et al.*, 2002), e esses estudos sugeriram que os efeitos podem se estender além do contexto da dança para melhorar a função física. Da mesma forma, um ensaio clínico randomizado de dança (tango argentino), avaliado em pessoas com doença de Parkinson, mostrou melhoria significativa do controle de movimento da extremidade superior no grupo de pessoas que executou essa prática, em comparação com o grupo controle, o qual não passou por essa terapia (DUNCAN & EARHART, 2012).

Em um estudo de Hackney *et al.* (2012), 30 horas de aulas adaptadas de tango foram oferecidas a um indivíduo na fase crônica de recuperação do AVC, apresentando hemiplegia espástica nas extremidades inferiores e superiores e degeneração macular relacionada à idade. Depois da intervenção, foram observadas melhorias nos indicadores de avaliação determinados durante a pesquisa, dentre eles o equilíbrio, a mobilidade, a marcha e a resistência apresentada pelo indivíduo.

Em uma meta-análise sobre a eficácia da terapia da dança, Ritter e Low (1996) sugeriram que o desenvolvimento da socialização, expressão emocional, consciência corporal, qualidade do movimento e coordenação podem ser atribuídas à dança. Semelhante a inúmeras atividades sensório-motoras complexas (por exemplo: esporte, preparo físico e desempenho físico), a dança requer a integração de padrões espaciais, ritmo, sincronização com estímulos externos e coordenação de corpo inteiro (BROWN, MARTINEZ & PARSONS, 2006). Durante a dança, o foco dos participantes está no controle postural, estratégias voluntárias de passos, coordenação de corpo inteiro e consciência somatossensorial. Decorrente da sincronia refinada dos movimentos que têm por finalidade expressar e traduzir determinado contexto musical, a dança exige também um tipo de coordenação interpessoal no espaço e no tempo, fator quase inexistente no contexto de outras atividades (BROWN & PARSONS, 2008).

Pacientes portadores de seqüelas de AVC possuem disfunções motoras e cognitivas importantes, necessitando de reabilitação por períodos prolongados, o que pode muitas vezes tornar-se cansativo e desmotivador. A dança representa uma atividade lúdica e intrinsecamente motivadora, que surge em meio a diversos recursos fisioterapêuticos, permitindo desenvolver os aspectos motores, psicológicos e sociais (CALIL *et al.*, 2007).

3.3. JOGOS DIGITAIS, JOGOS SÉRIOS E EXERGAMES

Miranda & Stadzisz (2017) definem o termo “jogo digital” como: atividade voluntária, com ou sem interesse material, com propósitos sérios ou não, composta por regras bem definidas e objetivos claros, capazes de envolver os jogadores na resolução de conflitos e que apresenta resultados variáveis e quantificáveis. Essa atividade deve ser gerenciada por *software* e executada em *hardware*.

Na definição de Salen & Zimmerman (2003), jogo digital é sinônimo de jogo eletrônico. Esses jogos são executados em computadores pessoais, consoles de jogo (por exemplo, Playstation e XBox), dispositivos portáteis (por exemplo, Nintendo *Game Boy* e telefones celulares) ou fliperamas. O jogo digital é um sistema como qualquer outro jogo, com a diferença de apresentar *hardware* e *software* como componentes essenciais.

Atualmente, a sociedade vem experimentando uma categoria peculiar de jogos eletrônicos desenvolvidos para abordar aspectos que transcendem o entretenimento, esta categoria é denominada Jogos Sérios (FARIA & COLPANI, 2018). Segundo Machado *et al.* (2011), jogos sérios podem ser definidos como jogos virtuais que possibilitam a simulação de situações críticas ou práticas, proporcionando o treinamento profissional, a conscientização de crianças, jovens e adultos ou mesmo auxiliar em situações corriqueiras.

Os jogos sérios, que podem ser jogos digitais ou analógicos, são jogos concebidos para um propósito principal diferente do puro entretenimento. Em várias áreas (por exemplo: defesa, educação, exploração científica, saúde, gestão emergencial, planejamento urbano, engenharia e política), o objetivo final do jogo sério é permitir que os usuários alcancem uma meta específica de uma maneira divertida e envolvente, por meio da experiência de se jogar o jogo proposto.

Exergames são videogames que exigem um esforço físico maior quando comparados aos videogames tradicionais. Esses games, conhecidos na literatura como “*active games*”, “*exergaming*” ou “jogos ativos”, possibilitam ao jogador ter experiência motora e esforço físico similares aos presentes em esporte ou atividade física reais. Assim, a realidade virtual disponibilizada nesses games proporciona não apenas a motivação para o divertimento, mas também orientações e *feedbacks* para que o jogador execute os movimentos, sejam eles as técnicas dos diferentes esportes ou apenas movimentos de equilíbrio ou de ginástica (VAGHETTI *et al.*, 2017).

3.4. APLICAÇÃO DE JOGOS SÉRIOS COMO AUXÍLIO NA REABILITAÇÃO

No campo da saúde, jogos sérios são amplamente focados no tratamento, recuperação e reabilitação (ALCOVER, JAUME-I-CAPÓ & MOYÀ-ALCOVER, 2018). De fato, muitos jogos sérios foram desenvolvidos para reabilitação motora de modo a combinar vários sensores de movimento (BORGHESE *et al.* 2013) e incorporá-los a

exercícios da fisioterapia (KAIRY, 2018). Por serem desenvolvidos especificamente para reabilitação, os jogos sérios têm mais recursos para explorar as habilidades de cada paciente e tornar a terapia mais motivadora (WEBSTER & CELIK, 2014). No entanto, é importante que tais sistemas forneçam não apenas motivação, mas também orientação correta e eficaz para os usuários. Os jogos sérios permitem personalização para as necessidades dos pacientes e apresentam recursos adequados para aplicações clínicas, como registros clínicos eletrônicos.

O desenvolvimento de jogos sérios para terapias de reabilitação motora demonstra que, especificamente com esse propósito, os jogos são considerados uma solução altamente promissora (SANDLUND, MCDONOUGH & HÄGER-ROSS, 2009), pois, segundo demonstração, ajudam a motivar os pacientes durante as sessões de terapia (MACLEAN *et al.*, 2002).

Considerando os tipos de jogos disponíveis para reabilitação, os *exergames* têm uma natureza estimulante e interativa, com propósito educacional explícito de oferecer um ambiente enriquecido de elementos que motivam a aprendizagem de habilidades motoras (TROMBETTA *et al.*, 2017). Os *exergames* que usam sensores de movimento, como *Kinect*, são capazes de capturar os movimentos naturais do paciente, promovendo uma interação física. Eles funcionam como um espelho virtual, pois auxiliam o paciente na percepção dos movimentos e podem oferecer um *feedback* visual (TAYLOR *et al.*, 2014; ANDERSON, ANNETT & BISCHOF, 2010; BAO *et al.*, 2013). O uso de dispositivos interativos torna o tratamento mais encorajador, estimulando os sentidos humanos (principalmente a visão, audição e, em alguns casos, o toque).

Na mesma perspectiva, Hocine & Gouaich (2011) dizem que, com o uso de *exergames* nas terapias, é possível fornecer *feedback* visual instantâneo e um desafio para o paciente. Para Barcala *et al.* (2011), esse *feedback* visual é uma forma ativa para o desempenho do controle motor, e beneficia o processo de aprendizado motor no processo de plasticidade neural, pois considera as etapas de autocorreção dos movimentos executados pelos pacientes.

3.5. EXEMPLOS DE JOGOS SÉRIOS EXISTENTES

Há uma variedade de sistemas desenvolvidos com a finalidade de auxiliar nas terapias de reabilitação motora. Alguns desses sistemas reúnem diversos jogos sérios

com base em exercícios terapêuticos para atender às necessidades dos pacientes e manter a motivação durante as sessões. Alguns sistemas serão abordados na sequência:

- 1) **Jintronix:** Esse sistema oferece uma variedade de exercícios e jogos adaptáveis em velocidade, duração, precisão, amplitude de movimento e número de repetições. O sistema fornece *feedback* em tempo real para os participantes e mantém os dados das sessões para que o terapeuta possa fazer o acompanhamento (LAUZÉ *et al.*, 2018).
- 2) **IREX:** Segundo (KIM *et al.*, 2011), o sistema IREX é composto por uma câmera de vídeo, uma televisão, uma luva virtual (ou luva de dados) e objetos virtuais. Por meio da câmera a imagem do paciente é inserida em um ambiente de realidade virtual. As luvas de dados reconhecem os movimentos realizados pelo paciente para criar a interação com o ambiente virtual.
- 3) **Game Motion Rehab:** Esse sistema conta com exercícios de flexão e abdução do ombro; extensão do cotovelo; extensão e flexão do quadril e joelho. O sistema também oferece diferentes níveis de dificuldade para os jogos, mais difícil quando o ritmo de execução é mais rápido e mais fácil quando o ritmo é mais lento (MARTEL, COLUSSI & MARCHI, 2016).
- 4) **SeeMee:** O SeeMee é um sistema que reúne vários jogos sérios para reabilitação motora. Os jogos são diversificados e trabalham diferentes funcionalidades para estimular os pacientes. O sistema apresenta configurações como ativar e desativar a detecção de membros específicos do corpo do paciente, configurar amplitudes máximas exigidas pelos jogos e gravar relatórios sobre as partidas jogadas (SEE ME, 2021).
- 5) **EvolvRehab:** Consiste em um sistema de reabilitação física clinicamente validado que usa videogame e tecnologia de sensor de movimento para fornecer reabilitação. É o primeiro *software* de reabilitação virtual a ser classificado como um dispositivo médico com a marca de aprovação CE, segundo o sistema regulatório das Diretivas de Dispositivos Médicos da União Europeia (EVOLV, 2021).
- 6) **Reflexion Health:** Oferece uma experiência de fisioterapia em casa e virtual por meio de tecnologia que ajuda pacientes e médicos a administrar o tratamento de maneira mais eficiente, a partir da pré-habilitação até o

tratamento pós-agudo. O sistema está em uso em centros médicos acadêmicos, centros de saúde, organizações de saúde domiciliar, comunidades de idosos e lares de pacientes individuais nos Estados Unidos (PENNIC, 2018).

- 7) **Mira:** É uma plataforma de software que transforma exercícios físicos e cognitivos em *exergames* clínicos, tornando a terapia mais prática e fácil de seguir. O sistema é projetado como uma ferramenta para terapeutas, usando sensores de rastreamento de movimento para envolver os pacientes em sua terapia, ao mesmo tempo em que avalia e relata a adesão do paciente (MIRA, 2021).
- 8) **PhysioPlay e MoVER:** são exemplos de jogos sérios desenvolvidos para reabilitação física, que utilizam o Kinect para detecção de movimentos e são projetados em ambientes virtuais tridimensionais (SANTOS, CARVALHO & BRESSAN, 2012; SOUSA JUNIOR et al., 2013).
- 9) **Serious game Fisioterapêutico Virtual:** assim como o PhysioPlay e o MoVER, esse jogo sério também utiliza Kinect e ambientes virtuais, porém simula sessões de fisioterapia, e permite que o fisioterapeuta acompanhe o tratamento dos pacientes à distância (FERNANDES, OLIVEIRA & CARDOSO, 2015).

Os sistemas apresentados contam com uma vasta gama de jogos desenvolvidos exclusivamente para a reabilitação motora. Para rastrear a posição e os movimentos dos pacientes, todos os exemplos citados utilizam o sistema Kinect, desenvolvido pela Microsoft. Esse sistema será abordado na próxima seção, na qual passará por uma análise mais detalhada. Até o presente momento, durante revisão de literatura, não foram encontrados exemplos de jogos sérios voltados para a reabilitação motora desenvolvidos com a tecnologia de detecção de movimentos via aplicativos *mobile*, a qual é aplicada no jogo sério desenvolvido no presente projeto.

3.6. SISTEMAS E SENSORES DE MOVIMENTO

Um dos maiores avanços no campo de reconhecimento de movimentos do corpo veio em 2010, quando a Microsoft lançou o sensor Kinect para acompanhar seu sistema de console Xbox. Logo após o lançamento do Kinect, universidades e empresas começaram a explorar suas habilidades de detecção de movimento sem

marcadores para uso educacional e de saúde. Desde então, houve um aumento exponencial no número de estudos que relatam o uso do Kinect como dispositivo de entrada para jogos de reabilitação (MA, PROFFITT & SKUBIC, 2018).

O Kinect consiste em um conjunto de quatro principais componentes, são eles: uma câmera RGB que filma o ambiente a uma taxa de 30 quadros por segundo e uma resolução de 640x480 pixels; um microfone que capta o som ambiente e permite a operacionalização por comandos de voz; um emissor e um receptor laser, que espalham pontos de luz infravermelha para mapear o ambiente em três dimensões. Esse conjunto de sensores permite que sejam detectadas posições e movimentos de pessoas que estejam a frente do aparelho (MOLNÁR, TOTH & DETREKÓI, 2012).

O sensor pode ser conectado via cabo aos videogames Xbox (360 ou One) e a computadores. Em videogames o Kinect pode substituir os tradicionais controles, permitindo que os jogadores interajam com os jogos por meio de gestos e movimentos do seu próprio corpo. Quando conectado a um computador, o Kinect funciona como um dispositivo de entrada. É possível desenvolver *softwares* que utilizam as informações fornecidas pelo Kinect em tempo real. Além do *hardware*, a Microsoft disponibiliza uma SDK (*Software Development Kit*) para que desenvolvedores possam produzir softwares utilizando o Kinect e detectem a pose e movimento de pessoas.

O Kinect tem um custo acessível e traz bons recursos para o desenvolvimento de aplicações que utilizam detecção do corpo humano, porém sua produção foi encerrada em 2017 e a última atualização que o sistema recebeu foi em outubro de 2014 (MICROSOFT, 2020). Atualmente o Kinect não é mais comercializado pela Microsoft.

Em 2019 a Microsoft lançou o Azure Kinect, um novo dispositivo que, assim como o Kinect, também utiliza uma câmera e sensor infravermelho para mapear o ambiente e rastrear a posição e movimentos de pessoas. O Azure Kinect também é um dispositivo de entrada, portanto precisa estar conectado a um computador onde são executadas as aplicações. Para utilizar o Azure para detecção de corpo, a Microsoft recomenda a utilização de computadores com avançadas configurações de hardwares. Até a data de elaboração deste documento, o Azure Kinect estava disponível para compra apenas nos Estados Unidos, China, Alemanha, Japão e Reino Unido (AZURE, 2021).

Além do Kinect e do Azure Kinect, existem outros sistemas de câmeras e sensores que também podem ser empregados na tarefa de reconhecimento de

posição e movimentos do corpo humano. A Intel desenvolveu o RealSense, dispositivo semelhante ao Kinect da Microsoft, que também possui câmeras de profundidade e é capaz de mapear o ambiente e fazer reconhecimento do corpo humano em tempo real. Assim como o Kinect, o RealSense também precisa estar conectado a um computador para executar as aplicações.

O VicoVR, produzido pela 3DiVi é uma opção de sensor com funcionamento similar ao Kinect, porém, o VicoVR não é conectado a um computador, o aparelho é conectado via Bluetooth a um celular com sistema operacional Android ou iOS. O VicoVR apresenta um conjunto de sensores e câmera e é capaz de fazer a detecção de movimento de forma muito similar ao Kinect. Os jogos e aplicativos que utilizam o VicoVR na detecção de movimento são executados no celular, e a imagem do jogo é exibida também na tela do próprio celular. Durante a utilização desses sistemas, o jogador acopla o celular a um dispositivo de realidade aumentada, como o Google Cardboard ou Samsung Gear VR, por exemplo. Esse dispositivo é preso ao rosto da pessoa e ela fica com as mãos livres durante a utilização, visualizando a imagem pelo celular nela fixado (VICO VR, 2020).

Existem também dispositivos que combinam câmeras e sensores infravermelhos e são capazes de digitalizar objetos e pessoas em três dimensões com elevado grau de fidelidade, como é o caso do Structure Sensor desenvolvido pela Occipital. Porém, nesse caso, o sistema não é capaz de fazer o rastreamento de pessoas em tempo real. Sistemas como o Kinect fazem o rastreamento do corpo todo em uma pequena fração de segundo, em uma taxa de 30 vezes por segundo, e isso é necessário para que o jogo detecte o movimento real e permita que o jogador interaja com o jogo em tempo real. Sistemas como o Structure Sensor são desenvolvidos para digitalização em alta fidelidade, portanto não fazem capturas de movimentos em tempo real.

Determinados smartphones apresentam sensores como acelerômetro e giroscópio integrados ao seu sistema. O MoU-Rehab é um exemplo de sistema que integra jogos voltados à reabilitação motora e utiliza celulares na captura de alguns movimentos dos pacientes durante as atividades. O Mou-Rehab faz o rastreamento dos movimentos dos membros superiores por meio de sensores localizados em um dispositivo preso ao braço do paciente. O sistema transmite as informações via *Bluetooth* para um tablet que fica posicionado em frente a pessoa, enquanto ela realiza os exercícios terapêuticos. O tablet exibe o jogo na tela e o paciente recebe *feedback*

e interage com os objetos através do movimento do celular preso ao seu braço (CHOI *et al.*, 2016).

Outro exemplo de aplicativo de celular para auxiliar na reabilitação motora pós-AVC foi desenvolvido no Instituto de Ciências Matemáticas e da Computação, da USP São Carlos (BROCANELLI, 2016). Similar ao MoU-Rehab, o aplicativo também funciona com o dispositivo preso ao corpo. Porém, nesse caso, o celular fica preso ao peito do paciente com intuito de monitorar sua postura. O próprio aplicativo emite sinais visuais e sonoros alertando quando o paciente estiver com sua postura fora da angulação ideal definida pelo terapeuta. Esse sistema também utiliza os sensores integrados do celular (BROCANELLI, 2016).

3.7. ALTERNATIVAS PARA DETECÇÃO DE MOVIMENTO

Em 2019 a Apple apresentou o ARKit 3, um conjunto de ferramentas projetadas para o desenvolvimento de experiências em realidade aumentada. Essas ferramentas integram leituras da câmera com leituras dos sensores de movimento do celular, como acelerômetro e giroscópio.

Entre as ferramentas do ARKit 3, estão os recursos de *body-tracking*, funcionalidades desenvolvidas para detectar a posição e movimento do corpo de pessoas diante das câmeras de seus smartphones. Com esses conjuntos de dados é criado um sistema de coordenadas arbitrário comum ao ambiente real e virtual. Então é possível visualizar pela tela do celular os objetos virtuais reagirem a objetos reais como mesas, paredes e imagens impressas. A novidade apresentada pela Apple em 2019 consistiu nas ferramentas de detecção do corpo humano (*body-tracking*). Essas ferramentas são capazes de identificar a presença de uma pessoa nas imagens capturadas pela câmera do celular e estimar as coordenadas de até 89 pontos, chamados de *joints*, nas articulações do corpo detectado. São sete pontos na coluna vertebral, cinco no pescoço, um no nariz, um no queixo, um na mandíbula, quatro em cada olho, três em cada braço, cinco em cada perna e 25 em cada mão. As coordenadas dos 89 pontos são atualizadas em tempo real a uma taxa de 60 vezes por segundo, aproximadamente. Os três eixos que definem o sistema de coordenadas têm origem na base da coluna da pessoa e acompanham os seus movimentos. Dessa forma, o eixo x está sempre apontando para o lado esquerdo, o eixo y aponta para cima e o eixo z aponta para a frente da pessoa, e as coordenadas dos pontos são

atualizadas sempre que a pessoa permanece visível pela câmera do celular. Por meio de uma API (*Application Programming Interface*), pode-se acessar todos esses dados. Com essas ferramentas é possível criar jogos e aplicativos com interação entre pessoas e objetos do ambiente virtual.

A Apple disponibiliza gratuitamente para download projetos modelos como exemplo para o desenvolvimento de aplicações com realidade aumentada e detecção do corpo. Esses projetos são desenvolvidos em linguagem Swift para ambiente XCode, sendo que Swift é a linguagem de programação desenvolvida pela Apple para criação de aplicativos para seus smartphones e computadores, e XCode é o ambiente de desenvolvimento integrado ou, em inglês, *integrated development environment* (IDE), também desenvolvido pela Apple.

Essas ferramentas estão disponíveis para desenvolvedores de jogos e aplicativos e integram as funcionalidades de detecção do corpo humano. Com essa tecnologia é possível desenvolver jogos e aplicativos para reabilitação motora que são executados em smartphones. Dessa forma, não é necessário que o celular esteja conectado a um computador, e todo o processamento é realizado pelo próprio smartphone. É necessário apenas que o celular esteja conectado a uma TV ou monitor para que o jogador possa ver a imagem transmitida pelo celular enquanto realiza as atividades.

Aparentemente, o *body-tracking* do ARKit 3 apresentado pela Apple demonstra menor confiabilidade dos dados biomecânicos quando comparado ao sistema do Kinect, visto que o ARKit 3 não utiliza sensores de profundidade, utiliza apenas uma câmera para reconhecer o corpo.

O sistema Vicon é um sistema de captura de movimento que utiliza câmeras infravermelhas para rastrear as localizações tridimensionais de marcadores reflexivos fixados no corpo. Ele pode ser usado para medir ou fornecer *feedback* em tempo real sobre os movimentos de todo o corpo. É uma ferramenta padrão ouro para avaliação cinemática biomecânica (MA, PROFFITT & SKUBIC, 2018).

Além do Vicon existem outros sistemas que utilizam câmeras infravermelhas e marcadores reflexivos. Alguns exemplos são o BTSBioengineering (BTS, 2021) e o Motion Analysis. Esses sistemas são amplamente utilizados não só em coletas de dados biomecânicos como também em projetos de engenharia, robótica, militares industriais, esportivos e em produções de entretenimento como cinema e videogame (MOTION ANALYSIS, 2021; FERRARIS *et al.*, 2018).

Utilizar o ARKit 3 para desenvolver um jogo em realidade aumentada no auxílio à reabilitação motora de pacientes vítimas de AVC pode trazer vantagens e desvantagens, se comparado com algumas das tecnologias disponíveis, conforme visto anteriormente. Talvez a principal desvantagem possa ser o fato de o aplicativo funcionar apenas em dispositivos próprios da Apple, como seus smartphones e tablets, conhecidos como iPhone e iPad, respectivamente. Outra desvantagem pode ser a baixa fidelidade que o sistema aparentemente apresenta na captura dos movimentos quando comparado a sistemas já conhecidos como o Kinect e o Vicon. Em compensação uma grande vantagem reside no fato de o sistema utilizar a câmera do celular como sensor e seu próprio *hardware* para realizar o processamento dos dados e do próprio jogo, o que dispensa a necessidade de o aparelho estar conectado a um computador ou a qualquer outro sensor para que o sistema funcione. Dessa forma, o celular estará conectado apenas à TV, o que torna o sistema muito portátil.

Normalmente celulares Apple apresentam um custo mais elevado quando comparados a celulares de outras marcas. Porém, considerando-se também o custo dos computadores que são necessários para executar jogos e sistemas de reabilitação motora que utilizam o Kinect ou outros sensores, o custo dos celulares acaba não sendo uma desvantagem, e pode-se considerar também a tendência de os aparelhos ficarem sempre mais baratos ao longo do tempo. Ainda há a possibilidade de pacientes e terapeutas já possuírem os aparelhos para uso pessoal, nesses casos não haveria o custo de aquisição de novos dispositivos, apenas seria necessário adquirir o *software* e o cabo para conexão à TV.

Quando comparado a sistemas como o MoU-Rehab (CHOI *et al.*, 2016), o VicoVR (VICO VR, 2020) e o sistema desenvolvido pela USP (BROCANELLI, 2016), uma vantagem apresentada pelo ARKit é a não necessidade de prender dispositivos ao corpo dos pacientes para a realização das atividades, permitindo assim que eles tenham movimentos mais livres e naturais. Comparando com o MoU-Rehab (CHOI *et al.*, 2016) e o sistema desenvolvido pela USP (BROCANELLI, 2016), ambos fazem leituras um tanto limitadas, pois medem a angulação do celular preso a um membro do paciente. No caso do ARKit, como já citado anteriormente, são estimadas simultaneamente as coordenadas de cerca de 90 pontos distribuídos pelo corpo do paciente.

3.8. TÉCNICAS DE *FEEDBACK* E PARÂMETROS PARA O DESENVOLVIMENTO DE JOGOS SÉRIOS

É importante destacar que as sequelas de AVC podem resultar em diversas implicações, dependendo do tipo de lesão cerebral, gravidade, localização e número de AVCs (TROMBETTA *et al.*, 2017). As soluções de E-reabilitação oferecem aos pacientes instruções e orientações por meio de informações visuais, sonoras e até táteis (ORTIZ-GUTIÉRREZ *et al.*, 2013; SIN & LEE, 2013). As soluções de AR têm sido usadas para reabilitação motora e para permitir aos pacientes receberem informações em tempo real enquanto estão realizando suas atividades ou exercícios (REGENBRECHT *et al.*, 2014; SOUSA *et al.*, 2016). Essa prática é conhecida como *feedback* virtual. Isso é possível devido à sobreposição de elementos virtuais em imagens do mundo real capturadas por câmeras integradas a essas soluções.

Os *feedbacks* virtuais apresentados nos jogos devem deixar claro para o jogador quais foram as consequências de suas ações e escolhas realizadas no mundo real. Esse *feedback* consiste no retorno de informações sobre qual ação foi realizada no jogo e permite ao usuário verificar como a realizou (PREECE, ROGERS & SHARP, 2011). Esse recurso pode ser auditivo, visual e tátil, e é útil tanto para ações corretas ou incorretas, pois permite ao jogador medir seu progresso para alcance dos objetivos, e/ou a progressão em suas habilidades ao longo do tempo (BURKE *et al.*, 2009).

Na reabilitação é importante fornecer informações de *feedback* multimodal a fim de maximizar a realização de movimentos corretos pelos pacientes durante a sessão de terapia (COOPER, OHNABE & HOBSON, 2007). Diferentes modos de *feedback* permitirão aos usuários com diferentes habilidades cognitivas utilizarem tal sistema, seguindo os princípios do design universal (COOPER, OHNABE & HOBSON, 2007).

Para o jogo desenvolvido alcançar um maior público-alvo é importante mapear deficiências específicas de cada paciente de modo a desenvolver ferramentas de configurações que permitam alterações dos parâmetros dos movimentos, conforme as condições específicas de cada paciente. Os parâmetros também podem ser alterados conforme o paciente evolui em seu tratamento e melhora seu desempenho nas atividades. Uma solução simples é dividir os jogos em diferentes níveis de dificuldade para que o terapeuta ou até mesmo o paciente possa escolher esse parâmetro no momento da partida. Uma solução mais completa permite o ajuste dos

parâmetros para os jogos atenderem às necessidades específicas de cada paciente. Porém, para que essas soluções sejam realmente úteis, é importante projetar essas ferramentas com intuito de serem de fácil compreensão, intuitivas, e que o terapeuta acesse apenas parâmetros relevantes durante a etapa de configuração (CATALDI & SILVA, 2017). Segundo Pirovano (2016), na prática, a conveniência da seleção do nível de dificuldades acaba superando a flexibilidade das ferramentas abrangentes. Ainda segundo Pirovano (2016), a recomendação é a de o sistema oferecer sempre as duas possibilidades, para que o terapeuta possa selecionar os níveis de dificuldade durante as sessões e faça ajustes específicos quando for necessário.

Outra ferramenta importante para o terapeuta é a criação de perfis de pacientes no sistema. Ferramentas de criação de perfis permitem ao terapeuta salvar um conjunto de configuração de parâmetros para cada paciente. A inclusão desse recurso pode ser de grande ajuda aos terapeutas que utilizam o sistema para atender vários pacientes. Uma forma mais automática, porém, complexa, de realizar o ajuste dos parâmetros, é a calibração do jogo antes do início da sessão. Na fase de calibração o sistema solicita ao paciente realizar determinados movimentos para que o sistema rastreie esses movimentos e ajuste automaticamente os parâmetros conforme os dados do paciente lidos nessa fase (CATALDI & SILVA, 2017).

No presente projeto foram adotadas várias técnicas de *feedback*, entre as quais os estímulos visuais fornecidos aos pacientes durante a partida, aplicados para estimular a motivação, como, por exemplo, as pontuações e frases de efeito. Essas aplicações serão descritas no tópico 5.3 Interface do jogo, subtópico 5.3.2 Área do paciente. Outra técnica de feedback aplicada consiste na seleção dos membros corporais a serem utilizados pelo paciente para execução do jogo. Por fim, o jogo desenvolvido também permite a criação de perfis específicos para cada paciente, o que facilita o acompanhamento individual e possibilita avaliar a evolução do paciente comparando os resultados entre as práticas executadas.

3.9. TÉCNICAS DE DESENVOLVIMENTO DE JOGOS SÉRIOS

Burke *et al.* (2009) identificou dois princípios da teoria do design de jogos que têm relevância particular para a reabilitação: jogo significativo (a relação entre as interações do jogador e as reações do sistema) e desafio (manutenção de uma dificuldade ideal, importante para manter engajamento do jogador). Alcover, Jaume-i-

Capó & Moyà-Alcover (2018) descreveu as características desejáveis da reabilitação em jogos sérios:

1. Seleção de um mecanismo de interação existente. Um jogo sério não deve desenvolver uma nova terapia de reabilitação, pois isso dificultaria a validação da terapia e do próprio jogo. É mais adequado usar uma terapia já existente como mecanismo de interação com o jogo sério.
2. Definição de um modelo de interação adaptado às capacidades do paciente. É importante definir o modelo de interação de acordo com a terapia selecionada e as capacidades físicas do paciente. Quanto à terapia, deve-se considerar a parte do corpo na qual será aplicada e a resolução das medidas terapêuticas, entre outros fatores. Quanto às capacidades do paciente, é importante considerar que eles podem ter dificuldade em segurar adequadamente os dispositivos físicos.
3. Desenvolvimento incremental. É necessário garantir que todos os objetivos sejam cumpridos, e para isso deve-se seguir um processo de desenvolvimento incremental que apoie a comunicação entre as áreas multidisciplinares. As linguagens técnicas do desenvolvedor e do especialista em terapia são completamente diferentes. O desenvolvimento incremental acomoda a validação do sistema, que é outro aspecto importante.
4. Validação por especialista. Os especialistas devem considerar que todo incremento tem como função facilitar a realização da terapia selecionada. Caso contrário, o jogo final não terá o efeito terapêutico desejado.
5. Avaliação clínica. O jogo sério deve ser validado clinicamente para determinar os efeitos do tratamento fisioterapêutico e compará-lo aos efeitos dos métodos de terapia padrão, com o objetivo de determinar se o jogo sério é apropriado para o objetivo da reabilitação motora. A validação do especialista deve ser assertiva, pois o custo da avaliação clínica é elevado em termos de recursos e tempo, e o projeto deve ser aprovado por um comitê de ética.

O desenvolvimento e avaliação de jogos sérios para reabilitação é desafiador por necessitar da interação entre profissionais de diferentes áreas. Por esse motivo, muitos autores têm se dedicado a delinear processos de desenvolvimento. Por exemplo, Brox *et al.* (2011) aponta alguns princípios que devem ser levados em conta: deve-se conhecer o grupo-alvo, os objetivos terapêuticos e aplicar sólidos princípios de *game design*.

Em relação aos conceitos citados por Burke *et al.* (2009), sobre princípios da teoria do *design* de jogos que têm relevância particular para a reabilitação, ambos os aspectos abordados foram fatores determinantes durante desenvolvimento do jogo apresentado no presente projeto:

- Jogo significativo (a relação entre as interações do jogador e as reações do sistema): o paciente interage com o jogo por meio de movimentos corporais. Por exemplo: a coreografia desenvolvida aparece na tela e a imagem do paciente, o que permite que este interaja totalmente durante a execução do jogo, enquanto o sistema reage à execução do jogador com frases de efeito e pontuações destinadas a estimulá-lo.
- Desafio (manter uma dificuldade ideal é importante para manter engajamento do jogador): por exemplo, são desenvolvidas técnicas de captura de movimentos relacionando pontuações alcançadas no jogo às amplitudes de movimentos, o que permite a individualização da prática a cada paciente. Há também meios de seleção de membros corporais para execução das partidas, o que favorece maior inclusão, torna o jogo personalizável a cada paciente e contribui na motivação individual e engajamento.

Em relação aos conceitos citados por Alcover, Jaume-i-Capó & Moyà-Alcover (2018), os aspectos abordados também foram avaliados e considerados durante o desenvolvimento do jogo. Em relação ao primeiro aspecto, seleção de um mecanismo de interação existente, a técnica de terapia aplicada no jogo sério desenvolvido é a terapia da dança, uma técnica de reabilitação já existente, e teve sua coreografia desenvolvida por uma fisioterapeuta desenvolvedora de método de neuroreabilitação por meio da dança. O segundo aspecto, que aborda a definição de um modelo de interação adaptado às capacidades do paciente, é semelhante ao aspecto já abordado por Burke *et al.* (2009), e foi determinante no desenvolvimento do jogo sério. O aspecto que aborda o desenvolvimento incremental também foi aplicado, e será citado com mais detalhes no tópico 4 Metodologia, o qual descreve a equipe multidisciplinar envolvida no desenvolvimento do jogo sério. Sobre os aspectos de validação por especialistas e avaliação clínica, o jogo sério teve aprovação de um comitê de ética e passou por aplicação prática e avaliação pelos especialistas envolvidos. Os resultados serão abordados no capítulo 5 deste projeto.

3.10. CARACTERÍSTICAS DESEJADAS EM JOGOS SÉRIOS PARA REABILITAÇÃO

Para que os jogos sérios se tornem alternativas terapêuticas viáveis, Pirovano (2016) destaca que a eficácia da terapia é a característica mais importante. Por esse motivo, é de extrema importância que os *exergames* sejam desenvolvidos em colaboração com terapeutas experientes, que possam contribuir com exercícios validados para serem traduzidos em *exergames*. Como já citado por Alcover, Jaume-i-Capó & Moyà-Alcover (2018), uma colaboração sólida deve ser criada entre a equipe clínica e a equipe de desenvolvimento de jogos. Seus papéis devem ser claramente separados e múltiplos exercícios devem ser incorporados a um ou mais jogos para se incluir toda a gama de exercícios necessários à terapia.

Pirovano (2016) sugere que a maneira mais comum e intuitiva de desenvolver jogos sérios é que os jogos sejam projetados para imitar completamente os exercícios realizados em sessões terapêuticas, o que remete novamente aos aspectos já citados no tópico anterior, abordados por Burke *et al.* (2009) e Alcover, Jaume-i-Capó & Moyà-Alcover (2018). Elementos da mecânica do jogo devem ser tratados de forma separada de elementos da mecânica dos exercícios. E, para projetar um jogo atraente que mantenha a motivação do paciente, deve-se trabalhar elementos do jogo que não estejam relacionados às ações e mecânica dos exercícios comumente realizados. Outra recomendação de Pirovano (2016) e Burke *et al.* (2009) é que existam ferramentas que permitam aos terapeutas acompanharem remotamente e de forma assíncrona as atividades de seus pacientes. Essas ferramentas dão a eles muito mais autonomia em sua reabilitação, pelo fato de não dependerem diretamente do terapeuta em todas as atividades e de as sessões serem realizadas em suas próprias casas. Porém o terapeuta possui um papel fundamental no acompanhamento do paciente, pois deve ser ele quem seleciona os exercícios corretos para a terapia, configura o sistema conforme o perfil do paciente, levando em consideração suas habilidades e limitações, cria agenda de atividades, monitora a execução correta dos exercícios dando *feedback* ao paciente para orientar a reabilitação e avalia os resultados e o progresso obtido.

Ainda segundo Pirovano (2016), deve-se entender a aplicabilidade clínica antes do desenvolvimento de jogos sérios, atendendo a relação de jogo e exercício simultaneamente. Após esse entendimento pode-se definir e tratar os objetivos

primários e secundários. Em um *exergame* terapêutico, o objetivo primário pode ser a jogabilidade, enquanto o secundário pode ser, por exemplo, a correção de movimentos ou prevenção de compensação musculoesquelética, sendo esse abordado separadamente para dar ao usuário um *feedback* positivo. Essas visões, para Pirovano (2016), podem ser traduzidas para uma metodologia mais adequada para projetar um *exergame* eficaz e seguro, sugerindo o seguinte procedimento: definição do exercício (escolhendo exercícios específicos e coerentes com a necessidade de cada usuário – o que no presente jogo sério pode ser aplicado no menu inicial, definindo-se os membros a serem trabalhados na coreografia conforme orientação do(a) fisioterapeuta); virtualização (na qual os objetivos principais do exercício são implementados em um exercício virtual); definição do rastreamento dos requisitos de entrada e saída por meio de elementos gráficos (levando em consideração as restrições no *feedback* em relação aos objetivos secundários); transformação do exercício virtual em *exergame* (adicionando-se todos os elementos do jogo; e, por fim, os objetivos secundários sendo tratados separadamente, de modo a alcançar finalmente um objetivo terapêutico.

Em um estudo realizado por Hung *et al.* (2016) foram coletadas opiniões de pacientes com AVC e terapeutas clínicos a respeito da utilização de jogos digitais para auxílio na reabilitação, e o estudo concluiu que jogos podem tornar os exercícios de reabilitação mais atraentes e motivadores. No estudo de Hung *et al.* (2016) foram levantados os principais pontos negativos e as possíveis melhorias que podem ser realizadas em jogos desenvolvidos para reabilitação motora. Os principais pontos negativos apontados pelos participantes foram: pouca variedade de jogos disponíveis pelos sistemas, jogos pouco divertidos ou entediantes, a possibilidade de customização para a realização dos exercícios em casa e jogos mais relacionados com a vida real, como jogos de pesca para quem gosta de pescar e assim por diante. Outros exemplos citados foram jogos de esportes, como golfe, ou jogos de cartas e tabuleiro, como Mahjong e Xadrez. Os autores defendem que a diversão deve ser a força motriz mais essencial para incentivar pacientes com AVC a realizar exercícios de reabilitação. Como já citado, o jogo sério desenvolvido teve como base técnicas de dança, o que o torna interativo e divertido. Em etapas futuras um dos principais objetivos será a criação de mais coreografias e estilos de dança variados, para torná-lo ainda mais interessante e motivador.

3.11. TÉCNICAS DE LEVANTAMENTO DE REQUISITOS

Uma etapa muito importante no desenvolvimento de *softwares* é a etapa de levantamento de requisitos. Nessa fase devem ser identificadas as necessidades a serem atendidas pelo sistema. No caso desse protótipo, os objetivos terapêuticos da reabilitação motora pós-AVC. Para levantar os requisitos podem ser realizadas “Entrevistas com Empatia”, que consistem em entrevistas as quais seguem os princípios de *Design Thinking* (YALCI, 2016). O foco é entender os sentimentos e motivações das pessoas em seus trabalhos e atividades e assim identificar suas reais necessidades. Isso contribui para o desenvolvimento de soluções inovadoras e relevantes às pessoas que irão utilizar o produto ou serviço final. Segundo Sa (2018), para criar um produto ou serviço que satisfaça seu público-alvo, é importante conhecer as histórias de seus clientes. As histórias criam conexões, empatia e revelam importantes detalhes que só podem ser observados quando os projetistas conhecem e interagem com os possíveis usuários do produto a ser desenvolvido, ou seja, é importante que o entrevistado se sinta ouvido e valorizado. O entrevistador deve manter toda a atenção no entrevistado durante o encontro, e as entrevistas de empatia permitem que os usuários falem sobre o que é importante para eles. É recomendado que a entrevista aconteça em um local familiar ao entrevistado, onde ele esteja confortável, podendo ocorrer em locais nos quais os entrevistados passam uma boa parte de seu tempo, como sua casa ou onde já estão habituados a realizar suas atividades, como clínicas e hospitais.

Entrevistas podem revelar soluções que não poderiam ser descobertas de outras formas e podem levantar desafios ou limitações que eventualmente possam ser ignoradas pelos desenvolvedores. Para conduzir as entrevistas são preparados roteiros contendo perguntas guias. Quando durante as entrevistas surgem assuntos pertinentes que não estão no roteiro, os entrevistadores exploram o assunto em questão por meio de novas perguntas relacionadas ao ponto levantado.

3.12. AVALIAÇÃO DE JOGOS SÉRIOS

Em um estudo realizado por Simor *et al.* (2016) observou-se a necessidade da criação de métodos padronizados para realizar avaliação da usabilidade de jogos sérios, especialmente jogos para pessoas mais velhas. Na maioria dos casos

analisados os pesquisadores optaram por utilizar questionários para avaliar questões de usabilidade. Entre os estudos que utilizaram questionários, não houve padronização entre os questionários, mesmo que todos tivessem o mesmo objetivo, avaliar a interface do protótipo exclusivamente. Uma parcela menor optou por fazer a avaliação por meio de entrevistas, metodologia recomendada quando o número de participantes é pequeno. Nas entrevistas é possível entender o raciocínio dos usuários ao interagir com a interface do protótipo.

Outras opções de avaliações são as observações e gravações de vídeos durante a utilização dos sistemas pelos usuários finais. As observações podem oferecer uma perspectiva diferente para o avaliador, que outras técnicas não oferecem, como, por exemplo, a possibilidade de acompanhamento dos passos que o usuário realiza para resolver um problema ou acessar uma funcionalidade. As gravações de vídeos facilitam no processo de revisão das ações executadas e enriquecem a avaliação da usabilidade.

Houve também quem utilizou um método conhecido com “pensar em voz alta” (PRATES & BARBOSA, 2003). Esse método basicamente consiste em solicitar que o usuário fale em voz alta o que ele está pensando, fazendo e sentindo ao utilizar a interface do sistema. A recomendação para estudos que utilizam essa metodologia é que o pesquisador deixe claro para o usuário que nesse momento está sendo avaliado o produto e não as habilidades do jogador. Essa recomendação é importante para que nesse momento o usuário foque na utilização do produto e não em seu desempenho nos exercícios realizados.

Simor *et al.* (2016) recomenda seguir algumas diretrizes durante as fases de pré-teste, teste e pós teste. Na fase de pré-teste é importante caracterizar a amostra. Podem ser formulados questionários para identificar situações que possam comprometer o resultado da avaliação, como, por exemplo, distinguir usuários que já tiveram experiências anteriores com jogos de reabilitação, identificar limitações físicas e cognitivas dos usuários que possam afetar a compreensão das atividades durante as sessões ou restrições de movimentos que impeçam a realização das atividades de forma prevista.

Nas etapas de testes, as recomendações é que sejam coletados dados do desempenho fisiológico dos usuários caso o objetivo seja testar seu progresso durante o processo de interação. Podem ser testadas versões diferentes do jogo de modo a comparar diretrizes diferentes abordadas na implementação.

Na fase pós-teste pode-se optar por uma análise qualitativa ou quantitativa, dependendo do objetivo da avaliação. Para análises qualitativas são recomendadas entrevistas para coletar a percepção do usuário sobre o jogo. Para análise quantitativa é possível utilizar instrumentos como TAM (*Technology Acceptance Model*) e SUS (*System Usability Scale*), por exemplo, que podem ser úteis para avaliar a aceitação e a satisfação dos usuários. Também são recomendadas as escalas que permitam análises estatísticas, como uma escala Likert (SIMOR *et al.*, 2016).

No presente projeto, devido à pandemia de Covid-19 e as consequentes restrições de movimentação e interação, principalmente em ambientes clínicos e hospitalares, foram realizados testes, descritos no tópico 4.11 Testes, porém não foi possível realizar a implementação de um protocolo de testes estruturado, o que será considerado nos trabalhos futuros.

3.12.1. Análise da Usabilidade

O instrumento *System Usability Scale* (SUS) foi desenvolvido por Brooke em 1986 e contém dez questões que visam medir a usabilidade de diversos produtos e serviços. Comparados a outros instrumentos de avaliação, o SUS é tecnologicamente agnóstico, podendo ser utilizado para avaliar diversos produtos e serviços, como websites, hardware, sistemas multimodais, sistemas de comando de voz, aplicações móveis e sistemas clínicos (BROOKE, 1996; KORTUM & BANGOR, 2013). A utilização da SUS é mencionada em mais de 1200 publicações, sendo considerada um “padrão da indústria” no que se refere à avaliação da satisfação do usuário frente à usabilidade (BANGOR, KORTUM & MILLER, 2009; MARTINS *et al.*, 2015; PADRINI-ANDRADE *et al.*, 2019). Na Tabela 1 podem ser observadas as afirmações do questionário de usabilidade validadas para a Língua Portuguesa. De modo geral, essa escala permite comparar tarefas diferentes na mesma interface, bem como versões do mesmo sistema, implementações concorrentes e diferentes tecnologias de interface (MARTINS *et al.*, 2015). Tal escala foi criada inicialmente para avaliar de forma superficial possíveis inconsistências no sistema (PADRINI-ANDRADE *et al.*, 2019).

Tabela 1: Afirmações do questionário de usabilidade SUS validado em Língua Portuguesa.

	Item original	Item correspondente em português
1	I think that I would like to use this system frequently.	Acho que gostaria de utilizar esse produto com frequência
2	I found the system unnecessarily complex	Considereei o produto mais complexo do que o necessário
3	I thought the system was easy to use	Achei o produto fácil de utilizar
4	I think that I would need the support of a technical person to be able to use this system	Acho que necessitariam de ajuda de um técnico para conseguir utilizar este produto
5	I found the various function in this system were well integrated	Considereei que as várias funcionalidades deste produto estavam bem integradas
6	I thought there was too much inconsistency in this system	Achei que esse produto tinha muita inconsistência
7	I would imagine that most people would learn to use this system very quickly	Suponho que a maioria das pessoas aprenderia a utilizar rapidamente este produto
8	I found the system very cumbersome to use	Considereei o produto muito complicado de utilizar
9	I felt very confident using the system	Senti-me muito confiante a utilizar este produto
10	I needed to learn a lot of things before I could get going with this system	Tive que aprender muito antes de conseguir lidar com este produto

Fonte: MARTINS *et al.*, 2015.

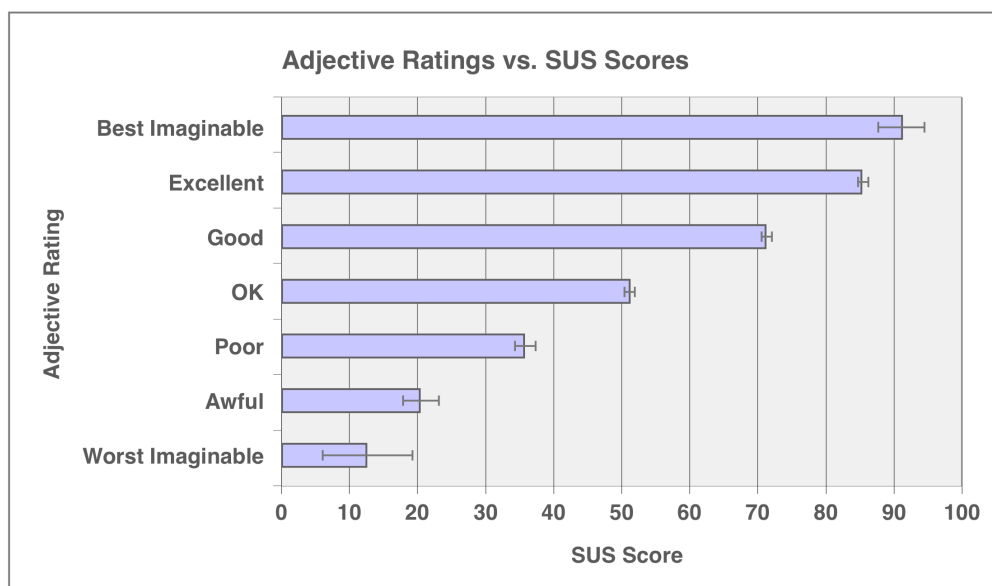
A escala SUS é composta por 10 afirmações pontuadas em uma escala Likert de 5 pontos de força de concordância, variável entre 0 e 100, na qual pontuações mais altas indicam melhor usabilidade (MARTINS *et al.*, 2015). O escore total é calculado a partir da equação definida por Brooke (1996), atribuindo para itens ímpares a subtração de 1 ponto da resposta do usuário e para itens pares a subtração das respostas do usuário de 5. Ao final, somam-se as respostas convertidas para cada usuário e multiplica-se por 2,5, convertendo intervalos de valores de 0 a 100 (MARTINS *et al.*, 2015). Convenciona-se ainda que uma pontuação da SUS acima de 68 seria considerada acima da média, enquanto pontuações abaixo de 68 estariam abaixo da média (MARTINS *et al.*, 2015).

Apesar da recomendação para utilizar a escala nesse formato tradicional, verificou-se que o Escore SUS pode ser dividido em dois fatores principais: usabilidade e aprendizagem (PADRINI-ANDRADE *et al.*, 2019). A estrutura das questões alterna entre afirmações positivas (questões ímpares) e negativas (questões pares), a fim de evitar vieses de resposta (BROOKE, 1996). Nesse contexto, com base nos atributos de usabilidade de Nielsen, é possível avaliar a facilidade de aprendizado

(itens 3,4,7, e 10), eficiência de uso (itens 5,6 e 8), facilidade de memorização (item 2), minimização de erros (item 6) e satisfação subjetiva (itens 1,4 e 9) – Figura 1 (BROOKE, 1996; BOUCINHA, 2013).

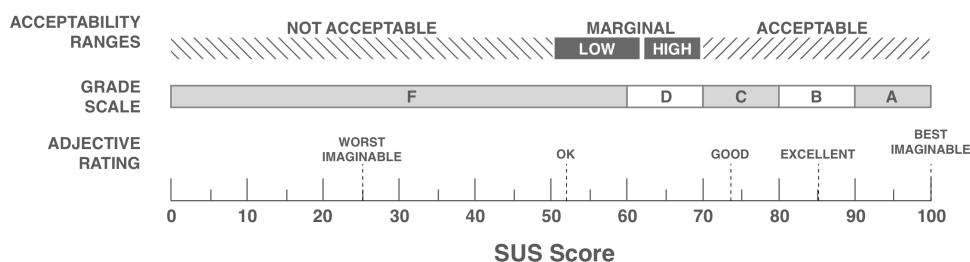
Adicionalmente, estudos de Bangor, Kortum e Miller (2009) adicionaram uma escala de classificação de adjetivo ao Escore SUS, fornecendo um rótulo subjetivo para a pontuação média. Admite-se “pior imaginável” (12,5), “horrível” (20,3), “pobre” (35,7), “OK” (50,9), “bom” (71,4), “excelente” (85,5) e “melhor imaginável” (90,9). A média e o desvio padrão são apresentados na Figura 1. Descobriu-se, ademais, um análogo útil para transmitir a pontuação média do SUS, a escala de notas escolar tradicional (ou seja, 90-100 = A, 80-89 = B etc.) (BANGOR, KORTUM & MILLER, 2009), ilustrados na Figura 2.

Figura 1. Classificações médias de pontuação do SUS correspondentes às sete classificações de adjetivos (média/desvio padrão).



Fonte: BANGOR, KORTUM & MILLER, 2009.

Figura 2. Comparação das classificações de adjetivo, escores de aceitabilidade e escalas de notas escolares em relação à pontuação média do SUS.



Fonte: BANGOR, KORTUM & MILLER, 2009.

4. METODOLOGIA

Conforme recomenda Pirovano (2016), é importante que os jogos sérios sejam desenvolvidos em colaboração com terapeutas experientes que possam contribuir com exercícios validados para serem traduzidos em jogos sérios. Para atender essa recomendação, uma equipe multidisciplinar foi formada com a colaboração de estudantes e profissionais de diferentes áreas, como: Engenharia (Elétrica, Computação e Elétrica com ênfase em Engenharia Biomédica), Tecnologia (Análise e Desenvolvimento de Sistemas, Técnica em Programação de Jogos Digitais), Fisioterapia (Ciências da Saúde, Tecnologia em Saúde) e Design.

4.1. LEVANTAMENTO DE REQUISITOS

O levantamento de requisitos foi realizado em conjunto com o projeto de iniciação científica. Dessa forma tanto os requisitos tecnológicos quanto os requisitos terapêuticos foram abordados nessa fase do projeto.

Para alcançar esse propósito, foi realizada uma pesquisa por meio de entrevistas aplicadas com três diferentes grupos de pessoas, são eles: terapeutas com experiência em reabilitação pós AVC; cuidadores de pacientes e pacientes que sofreram AVC. Nas entrevistas foram apresentadas perguntas sobre exercícios físicos, rotina dos pacientes, motivação e desafios enfrentados. Mais detalhes sobre as entrevistas podem ser encontrados no relatório do projeto de PIBIC disponível no Apêndice – Anexo I.

Em decorrência do isolamento social causado pela pandemia de COVID-19 não foi possível realizar as entrevistas pessoalmente, por esse motivo foram todas realizadas de forma remota, por meio de chamadas telefônicas e aplicativos de videoconferência.

4.1.1. Análise das Entrevistas

Após a finalização das entrevistas, fez-se um estudo qualitativo sobre as respostas obtidas. Todas as entrevistas foram transcritas e utilizou-se o *software* Atlas.ti para organizar as respostas por similaridade, de forma a identificar as principais necessidades dos três grupos de participantes. Todas as respostas obtidas

foram divididas em sentenças menores, e cada sentença foi classificada em uma ou mais categorias. Por se tratar de um estudo qualitativo com respostas abertas, abrangentes e muitas vezes subjetivas, a categorização foi realizada sempre por um pesquisador e revisada por outro.

O Quadro 1 apresenta um resumo dos pontos observados nas entrevistas e funcionalidades desejadas.

Quadro 1: Resumo das principais observações realizadas nas entrevistas e funcionalidades desejadas.

Desafios observados nas entrevistas	Funcionalidades desejadas
Adaptação da terapia conforme a necessidade de cada paciente	• Elaboração de conjunto de parâmetros que possibilitem a configuração dos jogos. Velocidade, amplitude e duração.
Desenvolver o hábito de realizar exercícios físicos em casa	• Prêmios virtuais como troféus e medalhas que são conquistados pelo jogador ao completar uma semana de exercícios diários.
Falta de <i>feedback</i> ao realizar exercícios em casa	• Gravar dados biomecânicos da sessão para serem analisados posteriormente pelo terapeuta. • Gravar a sessão em vídeo pelo próprio sistema para que o terapeuta possa fazer o acompanhamento remoto. • <i>Feedback</i> constante durante a atividade por meio de mensagens na tela, efeitos sonoros e visuais. • Pontuação obtida, recordes estabelecidos e bônus conquistados ao final de cada partida.

Fonte: autor, 2020.

Entre as respostas obtidas observou-se que os maiores desafios enfrentados pelos pacientes pós-AVC são: perda de funcionalidades, convivência com as sequelas, impactos psicoemocionais, dependência dos familiares e acesso a terapias.

Entre os fatores que mais motivam os pacientes no processo de reabilitação, segundo as entrevistas realizadas, foram as perspectivas de melhora das funcionalidades, a recuperação da marcha, o ganho de autonomia, os *feedbacks* recebidos dos terapeutas e o apoio dos familiares.

Entre os objetivos terapêuticos, os entrevistados destacaram principalmente a recuperação das funcionalidades, recuperação da marcha e melhora no equilíbrio. Nas entrevistas também foram levantadas questões a respeito da realização autônoma de exercícios terapêuticos em domicílio. As maiores dificuldades relatadas pelos participantes sobre atividades em casa são referentes ao desenvolvimento do

hábito de realizar exercícios físicos com regularidade e a necessidade de orientação e supervisão do profissional.

Os resultados das entrevistas realizadas serviram como guia e embasamento para muitas decisões tomadas durante o desenvolvimento desse projeto. Uma observação muito comum apresentada principalmente pelo grupo de terapeutas refere-se à necessidade de adaptação da terapia conforme a necessidade de cada paciente. Nessa questão identificou-se a necessidade de criar ferramentas que possibilitem aos jogos serem customizáveis. Para atender a essa necessidade, criou-se uma área de configuração, por meio da qual o fisioterapeuta pode definir para cada paciente quais membros serão detectados. Essa customização poderá ser elaborada como um conjunto de parâmetros que podem ser configurados para o jogo. Velocidade, amplitude e duração são alguns exemplos de parâmetros a serem configurados para cada tipo de exercício presente no jogo.

Nas perguntas referentes aos exercícios físicos realizados em casa, observou-se que tanto pacientes quanto cuidadores relataram um desafio muito comum, ou seja, a dificuldade em estabelecer uma rotina de exercícios até que se desenvolva o hábito de executá-los. Observações como essas dão foco à composição dos elementos de *game design*, uma vez que são desenvolvidos para proporcionar aos pacientes engajamento com o jogo. Por exemplo, é possível desenvolver um sistema de conquistas com prêmios simbólicos e virtuais, como troféus e medalhas, de modo que esses prêmios possam ser conquistados pelo jogador ao realizar exercícios diariamente, por uma semana ou por um mês inteiro, por exemplo. Várias outras pequenas conquistas podem ser implementadas para incentivar o paciente a realizar os exercícios em casa de forma complementar à terapia tradicional.

Outra observação importante levantada durante as entrevistas refere-se à falta de *feedback* do profissional durante a realização dos exercícios em casa. Para tentar amenizar esse problema, estuda-se a possibilidade de gravar dados biomecânicos durante a prática de exercícios para serem analisados posteriormente pelo terapeuta. Outra possível solução parcial é a possibilidade de gravar a sessão em vídeo pelo próprio sistema, com as devidas autorizações e esclarecimentos, para que o terapeuta possa fazer um acompanhamento remoto que lhe permita dar *feedbacks* mais precisos aos seus pacientes.

Uma abordagem mais comum é que o próprio sistema forneça *feedbacks* constantes ao jogador, sempre que possível, com o uso de mensagens na tela ou

efeitos sonoros e visuais. Esses *feedbacks* em tempo real são importantes para que o jogador saiba se está fazendo os exercícios de forma correta. É importante emitir *feedback* quando o jogador erra, a fim de que ele perceba que deve corrigir um movimento; e, ao acertar, para ser incentivado a persistir e a se sentir recompensado pelo esforço. Além dos *feedbacks* em tempo real, é possível também que o sistema dê algum tipo de *feedback* no final de cada partida, por meio de pontuações, recordes estabelecidos e bônus conquistados.

As entrevistas também foram utilizadas como guias para decisões de *game design* como níveis de dificuldade, pontuação, *feedbacks* e recompensas, e vários outros elementos que poderão ser desenvolvidos para tornar o jogo atrativo e gerar maior engajamento dos pacientes. Esses elementos são importantes para tornar as sessões de terapia mais lúdicas e motivadoras, cuja finalidade é incentivar os pacientes a realizar atividades físicas com maior frequência em casa, visto que o tempo médio de terapia por semana da maioria dos participantes das entrevistas não é o ideal recomendado.

De forma geral, as entrevistas contribuíram muito para entender as necessidades reais dos grupos entrevistados, suas histórias, desafios e motivações. Conhecer o público é uma etapa fundamental para desenvolver produtos de qualidade. As entrevistas, por constituírem valiosas fontes de informação, servem como guia para decisões na composição de fatores motivacionais para o desenvolvimento eficaz do projeto.

4.2. DESENVOLVIMENTO DO JOGO SÉRIO

Após o levantamento dos requisitos, a equipe fez diversas reuniões com sessões de *brainstorming* para decidir qual gênero o jogo contemplaria. Considerando os requisitos levantados o jogo deveria apresentar as seguintes características:

- Movimentos realizados com base nas terapias de reabilitação;
- Customização para atender necessidades individuais dos pacientes;
- Proposição de diferentes níveis de velocidade e amplitude dos movimentos;
- *Feedbacks* ao jogador;
- Gravação de dados sobre as sessões, para que possam ser consultados posteriormente pelos terapeutas;

- Técnicas para motivar os pacientes.

Levando-se em conta os requisitos apresentados, a equipe concluiu que uma boa opção seria desenvolver um jogo tendo por base a prática da dança.

4.3. DELIMITAÇÃO DO ESCOPO DO PROJETO

Optou-se por inicialmente desenvolver o protótipo ou MVP (do inglês *Minimum Viable Product*) para que fossem realizados testes com pacientes reais assim que possível. O escopo do protótipo inicial foi definido de forma que contemplasse as seguintes funcionalidades constituídas a partir do levantamento de requisitos.

- Ter ao menos uma coreografia elaborada com movimentos tendo como referência a reabilitação motora pós-AVC;
- Reconhecimento das poses e movimentos estabelecidos na coreografia;
- Pontuação na partida conforme desempenho ao executar a coreografia;
- *Feedback* em tempo real por meio de frases de incentivo;
- *Feedback* no final de cada partida para que o paciente possa observar sua atuação e progresso;
- Gravação dos dados da partida para que o fisioterapeuta possa analisar as informações posteriormente.

4.4. TECNOLOGIA UTILIZADA

Em 2019 a Apple apresentou o ARKit 3, conjunto de ferramentas para desenvolvimento de jogos e aplicativos que utilizam funções de realidade aumentada.

Os equipamentos necessários para a instalação e execução do jogo são: um smartphone iPhone XR ou superior, uma televisão com entrada HDMI, um cabo Lightning-HDMI para conectar o smartphone à televisão, um suporte para a televisão e um suporte para o celular.

Como orientação de instalação, o smartphone deve ser posicionado no suporte de forma que sua câmera traseira fique direcionada para o espaço livre onde o paciente realizará os exercícios. O cabo Lightning-HDMI deve estar conectando o celular à TV, e esta, por sua vez, estará com a tela direcionada para o paciente de forma que ele possa ver a imagem na TV enquanto realiza os movimentos definidos.

4.5. ALGORITMOS DE DETECÇÃO DE MOVIMENTOS

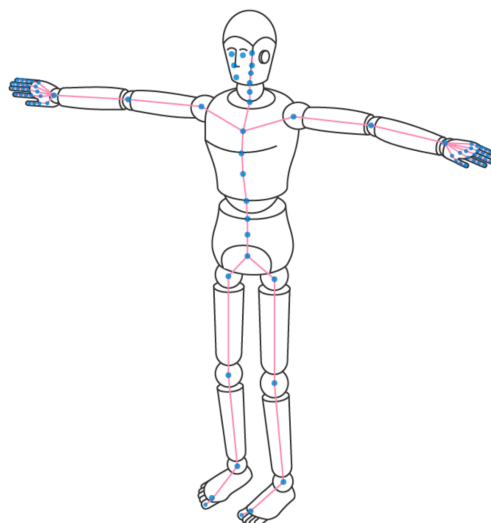
A partir da decisão de desenvolver um jogo baseado em dança a equipe criou uma coreografia com movimentos referendados em exercícios de reabilitação motora. A coreografia contempla diversos objetivos terapêuticos, conforme listados a seguir:

- Aumentar ou manter a amplitude de movimento de ombro;
- Aumentar ou manter a amplitude de movimento de cotovelo e punho;
- Aumentar ou manter a amplitude de movimento dos membros inferiores;
- Promover a dissociação de cinturas escapular e pélvica;
- Transferência de peso;
- Equilíbrio.

Para cada movimento definido na coreografia elaborou-se uma série de condições para detectar se o paciente atingiu a posição estabelecida. Como mencionado anteriormente, a tecnologia de *body-tracking* gera e atualiza as coordenadas tridimensionais de 89 pontos de articulação do corpo a uma taxa de 60 vezes por segundo. O primeiro passo para a composição do protótipo foi elaborar um mecanismo de detecção de pose a partir das coordenadas geradas e, para tanto, foi necessário desenvolver algoritmos para validar condições matemáticas com base nas coordenadas dos pontos, permitindo assim detectar se uma pose está sendo realizada ou não.

Por exemplo, entre os primeiros movimentos da coreografia estão os movimentos de extensão de cotovelo e flexão de ombro. Na execução desses movimentos o paciente deve estender os braços e levantá-los até que o ângulo entre seus braços e seu tronco esteja próximo de 90°. O *framework* fornece apenas as coordenadas dos pontos localizados em algumas articulações, conforme se pode observar na Figura 3. Cada ponto azul na figura representa um dos 89 pontos estimados pelo sistema.

Figura 3. Representação das articulações detectadas pelo *body-tracking*.

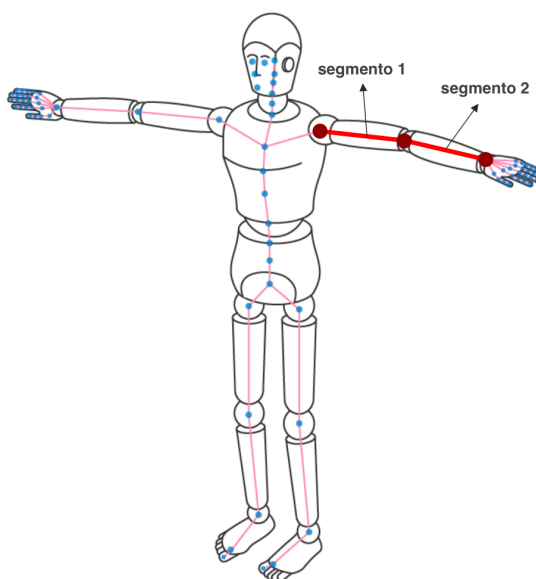


Fonte: autor, 2021.

A partir das coordenadas dos pontos são criados segmentos que unem esses pontos. Na Figura 4 está representada a criação de 2 segmentos: o segmento 1, que une o ombro esquerdo ao cotovelo esquerdo; e o segmento 2, que une o cotovelo esquerdo à mão esquerda.

No movimento de extensão de cotovelo presente na coreografia é necessário saber se o ângulo formado entre os segmentos 1 e 2 está próximo de 180° .

Figura 4. Representação de segmentos gerados a partir de pontos.



Fonte: autor, 2021.

Por meio das coordenadas dos pontos são criados vetores para representar os segmentos. Para tanto, é utilizado cálculo vetorial a fim de verificar o ângulo formado entre os vetores. Nesse caso é calculado o ângulo formado entre os segmentos 1 e 2. Se o ângulo estiver próximo de 180° é porque a pessoa encontra-se com o braço estendido.

Para verificar esses critérios geométricos e matemáticos associados aos movimentos foi elaborado um mecanismo denominado de Condição (ou *Condition*, em inglês). No exemplo anterior criou-se a condição para verificar se o braço está estendido. Essa condição é definida pelos 3 pontos das articulações que formam os dois segmentos e o ângulo desejado, no caso, de 180° . Por questões práticas, o ângulo desejado não é definido como 180° , mas sim como um pouco menos, como 170° . Desse modo, para qualquer angulação acima de 170° o movimento é considerado como uma extensão total de cotovelo. Nesse caso, o ângulo de 170° é chamado de limite inferior da condição.

Assim como a extensão de cotovelo, vários outros movimentos foram definidos na coreografia. Razão pela qual foram realizadas diversas reuniões em conjunto com a equipe de fisioterapia do projeto para definir todos os critérios que compõem cada um dos movimentos.

Primeiramente optou-se por definir a condição geométrica de cada um dos movimentos da coreografia: seriam medidos ângulos entre segmentos?; seriam medidas distâncias entre pontos articulares ou seriam consideradas as coordenadas absolutas das articulações? Por exemplo: no caso de um passo para frente, pode-se considerar a distância entre os dois pés da pessoa.

Após a definição do modelo geométrico foram definidos os limites da condição, ou seja, quais valores mínimos e máximos para cada ângulo ou distância. Os ângulos foram medidos utilizando-se um goniômetro e as distâncias foram medidas utilizando-se uma fita métrica. Todas as medidas foram realizadas pela própria fisioterapeuta que elaborou a coreografia.

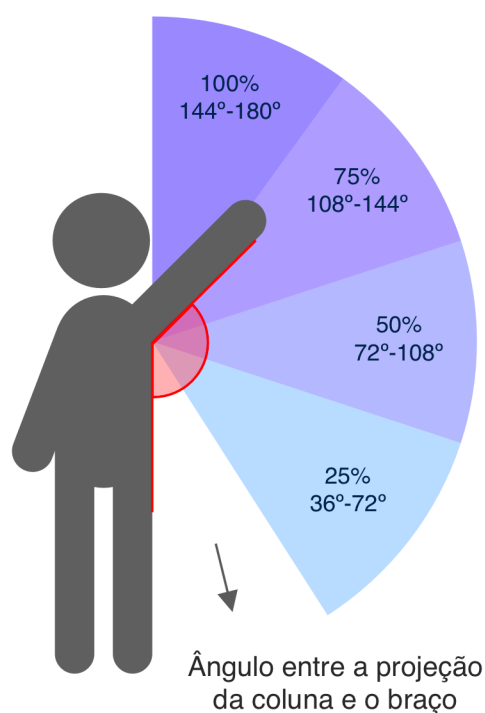
Para a maioria das condições elaboradas, foram definidos também intervalos de classificações para os limites estabelecidos. Digamos que em determinado momento da música o paciente precise fazer uma flexão de ombro, caso o jogo considerasse esse movimento apenas quando o paciente atingisse um ângulo superior a 150° entre o braço e a coluna, por exemplo, muitos participantes jamais

atingiriam essa angulação. Além de ser frustrante para eles, seria mais difícil detectar melhoras na amplitude de seus movimentos ao longo das sessões de terapia.

Para resolver essa questão foram criados vários intervalos de amplitudes para cada movimento. A Figura 5 é uma representação do movimento de flexão de ombro esquerdo demarcado por diferentes amplitudes. Nesse exemplo, caso o paciente consiga realizar a flexão de ombro até que o ângulo entre o braço e a projeção de sua coluna atinja pelo menos 36° , o jogo já consideraria a realização parcial do movimento desejado, nesse caso, 25% do movimento pretendido. Conforme o paciente consiga atingir amplitudes maiores, o jogo considerará porcentagens maiores. Essa demarcação por amplitudes foi definida individualmente para cada um dos movimentos coreográficos da dança. Os limites de cada intervalo também foram definidos em conjunto com a equipe de fisioterapia.

Para a maioria dos movimentos estabelecidos na coreografia foram criados quatro intervalos de amplitudes. Para cada amplitude há um limite inferior e um limite superior, como pode ser observado na Figura 5.

Figura 5. Movimento dividido em diferentes amplitudes.



Fonte: autor, 2021.

Após a elaboração de todos os movimentos da dança, fez-se a gravação da coreografia em vídeo com sobreposição da música escolhida. A coreografia foi separada em pequenos trechos que foram dispostos em uma planilha. Cada linha da planilha corresponde a um passo da dança, e a Tabela 2 representa uma linha dessa planilha. Na primeira coluna está o trecho da música com o tempo em que o movimento ocorre, na segunda coluna está a descrição do objetivo terapêutico, na terceira coluna os valores para os intervalos de cada amplitude e na quarta coluna a codificação de cada pose criada no sistema.

Tabela 2: Trecho da planilha contendo os movimentos da coreografia.

Música (letra/tempo)	Objetivo fisioterapêutico	Medida fisioterapêutica	Codificação no sistema
"Que o dia já vem raiando" 00:29,256	I. Amplitude de movimento de membros superiores e inferiores; II. Transferência de peso e equilíbrio	I. Flexão de ombro: 100% → acima de 80° 75% → acima de 70° 50% → acima de 60° 25% → acima de 50° II. Passo para frente: Distância relativa à altura da pessoa 100% → 20% da altura 75% → 15% da altura 50% → 10% da altura 25% → 5% da altura	I flexaoOmbroDireitoTotal100 flexaoOmbroDireitoTotal75 flexaoOmbroDireitoTotal50 flexaoOmbroDireitoTotal25 flexaoOmbroEsquerdoTotal100 flexaoOmbroEsquerdoTotal75 flexaoOmbroEsquerdoTotal50 flexaoOmbroEsquerdoTotal25 II passoPeDireito100 passoPeDireito75 passoPeDireito50 passoPeDireito25 passoPeEsquerdo100 passoPeEsquerdo75 passoPeEsquerdo50 passoPeEsquerdo25

Fonte: autor, 2021.

Para contemplar todos os 29 movimentos presentes na coreografia foram criados 9 diferentes modelos de condições. Alguns utilizam medidas angulares, outros utilizam valores das coordenadas, distâncias absolutas ou distâncias relativas entre os pontos.

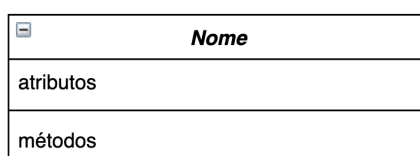
As seguintes classes de condições foram criadas nesse projeto: *angle condition*, *axis angle condition*, *angle between vectors condition*, *angle between vectors in plane condition*, *coordinate condition*, *position condition*, *distance condition*, *axis distance condition*, e *relative distance condition*. Detalhes sobre a definição dessas classes estão descritos no tópico 4.6 Arquitetura das Classes.

4.6. MODELAGEM DO SISTEMA

Inicialmente foi elaborado o Diagrama de Classe UML, que consiste em uma ferramenta muito utilizada por engenheiros de *software*, para modelar sistemas e documentar arquiteturas de softwares. UML é a sigla em inglês para o termo Linguagem de Modelagem Unificada, e a UML foi criada como um modelo padronizado para descrever uma abordagem de Programação Orientada a Objetos (POO) (LUCIDCHART, 2021).

O presente projeto foi desenvolvido em *Swift*, linguagem com suporte a desenvolvimento orientado a objetos. No diagrama de classe, cada uma das classes é representada por um retângulo composto por três partes: nome, atributos e métodos. A Figura 6 representa a estrutura de uma classe no diagrama de classes.

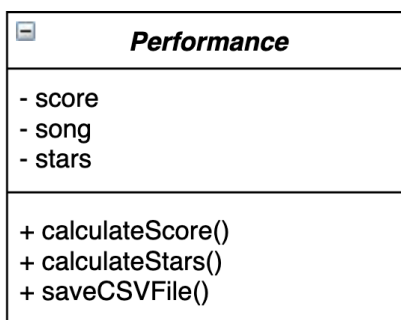
Figura 6. Componentes de uma classe.



Fonte: autor, 2021.

Nome é o próprio nome da classe, deve fazer referência ao conceito que está sendo modelado. Por exemplo, se estamos modelando o conceito de uma partida jogada pelo paciente, podemos dar o nome para a classe de Performance, Partida ou *Match*. Atributos são as propriedades da classe, representam o que a classe contempla. No exemplo da classe Performance, seus atributos podem ser a pontuação obtida pelo jogador, a música selecionada e a quantidade de estrelas conquistadas na partida. Os Métodos representam o que a classe faz. No exemplo da classe Performance, os Métodos podem ser “Calcular a pontuação”, “Calcular a quantidade de estrelas” e “Gerar arquivo CSV”, por exemplo. A Figura 7 é um exemplo simplificado da classe Performance preenchida com seu nome, atributos e métodos.

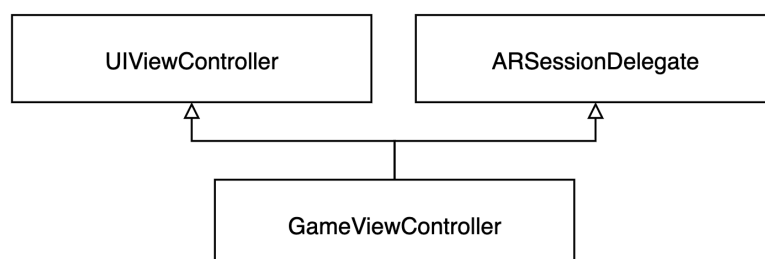
Figura 7. Exemplo simplificado de uma classe do sistema.



Fonte: autor, 2021.

Toda a estrutura do projeto foi organizada em classes, inclusive os componentes do *framework* de detecção de movimentos e as interfaces do protótipo de jogo sério digital *exergame* com base em dançaterapia. Inicialmente foi criada uma classe para controlar a interface do jogo, e essa classe foi chamada de *GameViewController*. Para acessar as informações da detecção dos pontos do corpo humano, a classe deve possuir relações de herança com a classe *ARSessionDelegate*, presente na biblioteca do *framework*. Por meio dessa associação, a classe herda as características dessa segunda classe. Sendo assim, a classe *GameViewController* passa a ser capaz de receber as informações dos pontos lidos no corpo da pessoa. Para que a classe seja também capaz de exibir informações na tela do aplicativo, é necessário que ela herde inclusive as características da classe *UIViewController*, também presente no *framework* de desenvolvimento. A Figura 8 mostra uma simplificação da classe *GameViewController* e seus relacionamentos de herança com as classes *ARSessionDelegate* e *UIViewController*.

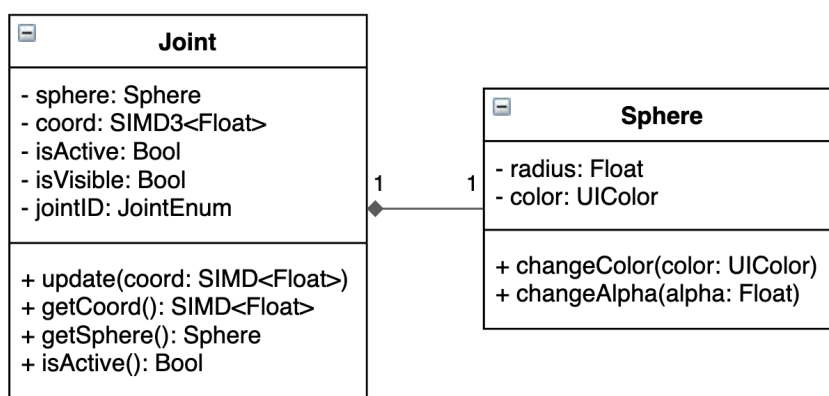
Figura 8. Diagrama simplificado da classe *GameViewController* e suas heranças.



Fonte: autor, 2021.

Para guardar as coordenadas dos pontos lidos pelo sistema e exibir esses pontos na tela, foram criadas as classes *Joint* e *Sphere*. A classe *Joint* contém informações relacionadas à localização espacial do ponto, um identificador e seu estado, se o *joint* está ativo e visível. A classe *Sphere* contém informações sobre sua geometria e representação gráfica. A Figura 9 representa as classes *Joint* e *Sphere* com seus atributos, métodos e a relação entre elas.

Figura 9. Classes *Joint* e *Sphere3D*.

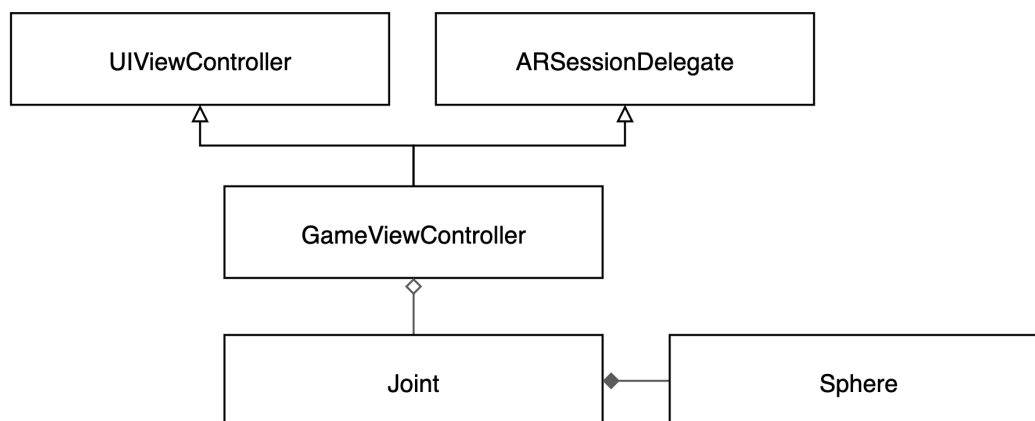


Fonte: autor, 2021.

A classe *Joint* tem relação de composição com a classe *Sphere*, ou seja, objetos da classe *Joint* contém objetos da classe *Sphere*. Essa associação é representada no diagrama de classe como uma linha com um losango preenchido. Cada objeto da classe *Joint* apresenta um único objeto da classe *Sphere* e cada objeto da classe *Sphere* pertence a apenas um objeto da classe *Joint*.

A classe *Joint*, por sua vez, tem relação de agregação com a classe *GameViewController*. Os objetos da classe *Joint* fazem parte dos objetos da classe *GameViewController*, porém os objetos da classe *Joint* podem existir mesmo que não façam parte de um objeto da classe *GameViewController*. Essa associação é representada no diagrama de classe por uma linha com um losango não preenchido, conforme demonstrado na Figura 10.

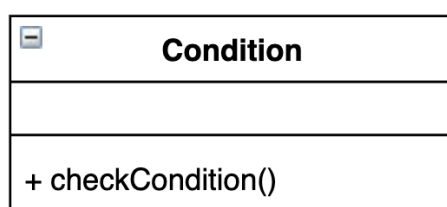
Figura 10. Relacionamento entre classes.



Fonte: autor, 2021.

4.7. ARQUITETURA DAS CLASSES DE DETECÇÃO DE POSES

Após a elaboração da classe *Joint*, foram elaboradas as classes que representam as condições listadas anteriormente. Essas condições são utilizadas para validar se uma determinada pose está sendo realizada ou não. Inicialmente foi definida uma classe chamada *Condition*. Como pode se ver na Figura 11, essa classe apresenta apenas o método chamado *checkCondition*. Todas as classes que representam uma condição a ser avaliada devem apresentar uma relação de herança com a classe *Condition*. Dessa forma, todas as classes “filhas” apresentam o método *checkCondition*. Porém cada uma dessas classes pode sobrescrever esse método conforme sua própria condição matemática. Por exemplo, a classe *AngleCondition* utiliza esse método para verificar o ângulo formado entre os segmentos ao passo que a classe *DistanceCondition* verifica a distância entre os *joints*.

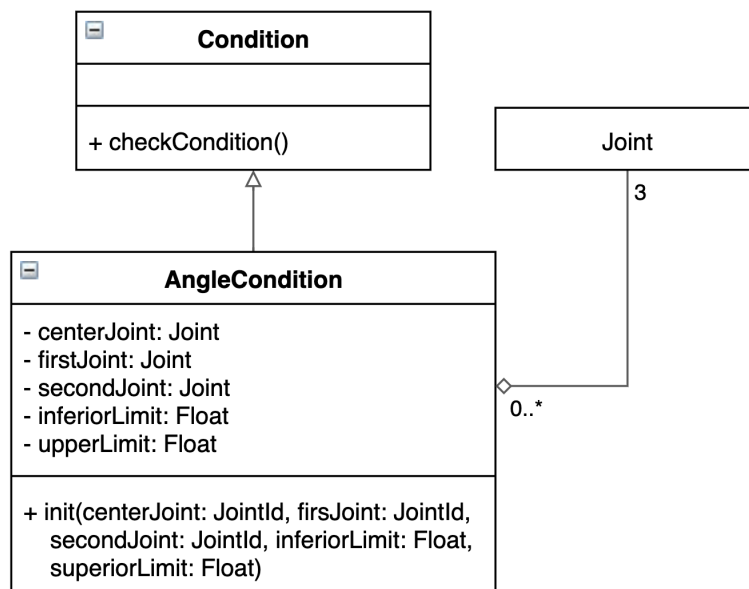
Figura 11. Representação da classe *Condition*.

Fonte: autor, 2021.

Para cada uma das condições criadas foi desenvolvida uma classe específica. A Figura 12 representa a classe *AngleCondition*, na sua relação de herança com a

classe *Condition* e na sua relação de agregação com a classe *Joint*. O número 3 mostrado na relação entre as classes indica que cada objeto da classe *AngleCondition* tem relação com 3 *joints*. A notação “0..*” representada na outra ponta da relação indica que, para cada objeto *joint* do sistema, pode ou não haver relação com outros objetos da classe *AngleCondition*. Assim como as relações, no diagrama também são listados seus atributos e métodos conforme descritos na sessão anterior (*Pose Condition*). O método *init* é o método de criação de objetos da classe. Seus parâmetros recebem todas as informações necessárias para que a condição seja determinada. No caso da condição *AngleCondition*, são necessários os parâmetros *joint* central, primeiro e segundo *joint*, limite inferior e limite superior.

Figura 12. Representação da classe *AngleCondition*.



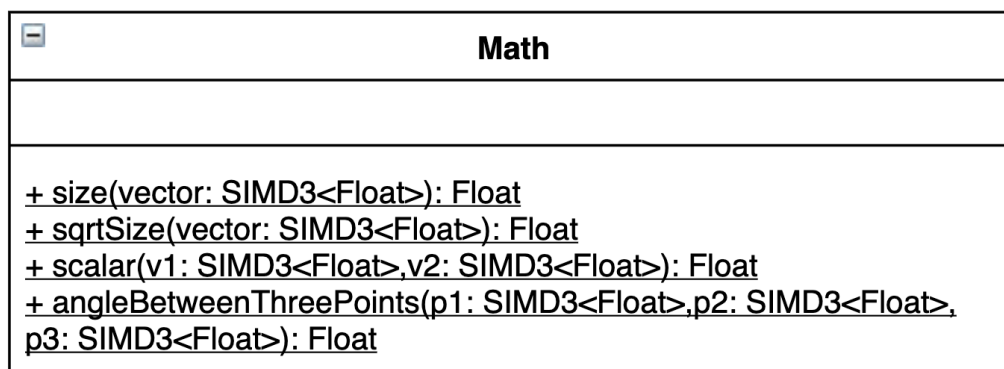
Fonte: autor, 2021.

Todas as classes de condições, ou seja, aquelas que têm relação de herança com a classe *Condition*, são estruturadas de forma muito similar à classe *AngleCondition*, representada na Figura 12. Assim como ocorre com a classe *Condition*, todas possuem a relação de agregação com a classe *Joint*. A diferença básica visual entre elas no diagrama de classe são seus atributos e os parâmetros de seus inicializadores (função *init*). Internamente, cada uma dessas classes implementa à sua maneira a função *checkCondition*, herdada da classe *Condition*.

Para facilitar a realização de cálculos matemáticos foi criada a classe *Math*. Essa classe reúne alguns cálculos vetoriais, que são realizados com bastante

frequências pelos algoritmos de detecção de poses. A classe *Math* está representada no diagrama da Figura 13.

Figura 13. Representação da classe *AngleCondition*.



Fonte: autor, 2021.

Como podemos observar na Figura 13, a classe *Math* apresenta cinco métodos, cada qual para realizar um cálculo vetorial diferente.

O método *size* calcula e retorna o comprimento do vetor que é passado por parâmetro. Esse cálculo é feito aplicando a raiz quadrada na soma dos três componentes do vetor ao quadrado, como representado na Equação 1.

$$s = \sqrt{vx^2 + vy^2 + vz^2} \quad (1)$$

Na equação 1 a letra *s* representa o comprimento do vetor; *vx* representa a componente *x* do vetor; *vy*, a componente *y*; e *vz*, a componente *z*.

O método *sqrtSize* é similar ao método *size*, porém calcula e retorna o comprimento do vetor ao quadrado. Nesse caso, o cálculo é realizado apenas somando-se os três componentes do vetor ao quadrado, Equação 2.

$$s^2 = vx^2 + vy^2 + vz^2 \quad (2)$$

Na equação 2, *s*² representa o comprimento do vetor ao quadrado; *vx*, *vy* e *vz* representam as componentes desse mesmo vetor.

O método *scalar* calcula e retorna o produto escalar entre dois vetores (*v1* e *v2*). O produto escalar é obtido pela soma da multiplicação dos componentes dos vetores, conforme a Equação 3.

$$sc = v1x * v2x + v1y * v2y + v1z * v2z \quad (3)$$

Na equação 3, *sc* representa o produto escalar; *v1x*, *v1y* e *v1z* representam as componentes do primeiro vetor; e *v2x*, *v2y* e *v2z* representam as componentes do segundo vetor.

A função *angleBetweenThreePoints* calcula o ângulo formado entre três pontos distintos. Esse método recebe como parâmetro três pontos tridimensionais. É considerado o ângulo formado entre o segmento que liga o primeiro ao segundo ponto e o segmento que liga o segundo ao terceiro ponto. Inicialmente são gerados os vetores *v1* e *v2*, descritos nas linhas de código a seguir. O vetor *v1* tem origem no ponto 2 e tem direção para o ponto 1, o vetor *v2* também tem origem no ponto 2, porém tem direção para o ponto 3. Os vetores são gerados subtraindo um ponto por outro, operação que resulta em um vetor com origem no segundo ponto e final no primeiro ponto. A partir dos dois vetores (*v1* e *v2*) são utilizadas funções da classe *Math* para calcular o ângulo entre os vetores, conforme representado no trecho de código apresentado na Figura 14.

Figura 14. Função para calcular o ângulo entre três pontos.

```
static func angleBetweenThreePoints(p1: SIMD3<Float>, p2: SIMD3<Float>,
    p3: SIMD3<Float>) -> Float {

    let v1 = p1 - p2
    let v2 = p3 - p2

    let scalar = Math.scalar(v1: v1, v2: v2)
    let sqrtD1 = Math.sqrSize(vector: v1)
    let sqrtD2 = Math.sqrSize(vector: v2)
    let scalarDelta = sqrt(abs(sqrtD1 * sqrtD2))

    let cosTheta = scalar / scalarDelta
    let theta = acos(cosTheta)

    return theta * 180 / Float.pi
}
```

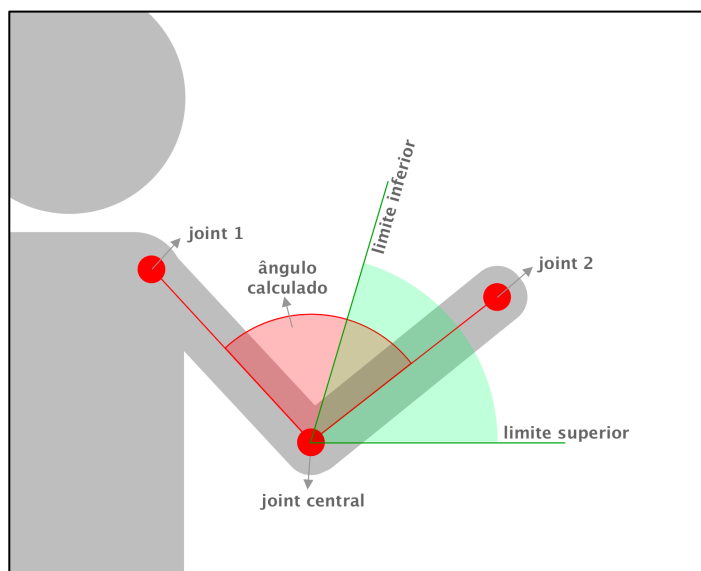
Fonte: autor, 2021.

Na sequência serão detalhadas as classes de condições desenvolvidas nesse projeto.

4.7.1. *Angle Condition*

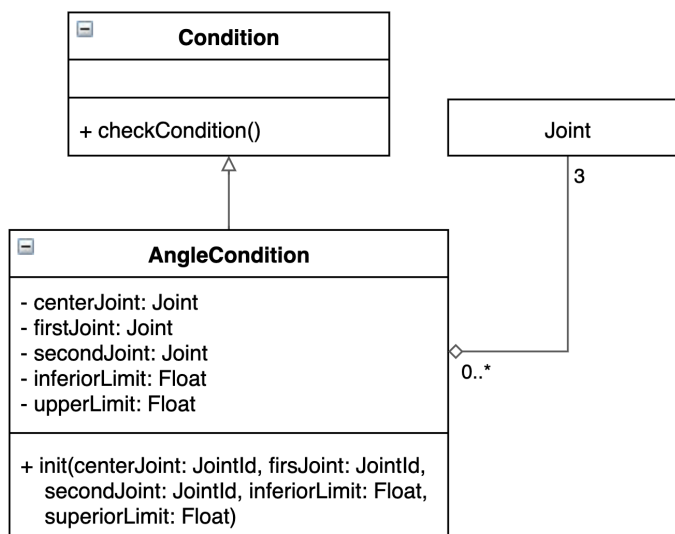
Condição baseada no ângulo existente entre dois segmentos. Cada segmento é formado por dois *joints*, sendo um *joint* pertencente aos dois segmentos. No exemplo da Figura 15 observa-se o ângulo formado entre o braço e o antebraço. Essa condição (*Angle Condition*) é configurada por cinco parâmetros principais. São eles: o *joint* central, ou seja, aquele que pertence aos dois segmentos, o segundo *joint* do primeiro segmento, o segundo *joint* do segundo segmento e os dois limites, superior e inferior. No exemplo da Figura 15, a condição está definida pelos *joints* do ombro esquerdo, cotovelo esquerdo e mão esquerda, sendo o *joint* do cotovelo o *joint* central. Nesse exemplo o ângulo calculado entre os dois segmentos deve estar contido entre os dois limites para que a condição seja válida.

Figura 15. *Angle Condition*.



Fonte: autor, 2021.

A Figura 16 representa o diagrama da classe *AngleCondition*.

Figura 16. Diagrama da classe *Angle Condition*.

Fonte: autor, 2021.

A função *checkCondition* utiliza a função *anglebetweenThreePoints* para obter o ângulo presente entre os segmentos e então verificar se o ângulo obtido está dentro do intervalo estabelecido pela pose, conforme especificado na linha de código da Figura 17.

Figura 17. Utilização da função que calcula o ângulo entre três pontos.

```

let angle = Math.angleBetweenThreePoints(p1: firstJoint.coord,
  p2: centerJoint.coord, p3: secondJoint.coord)

```

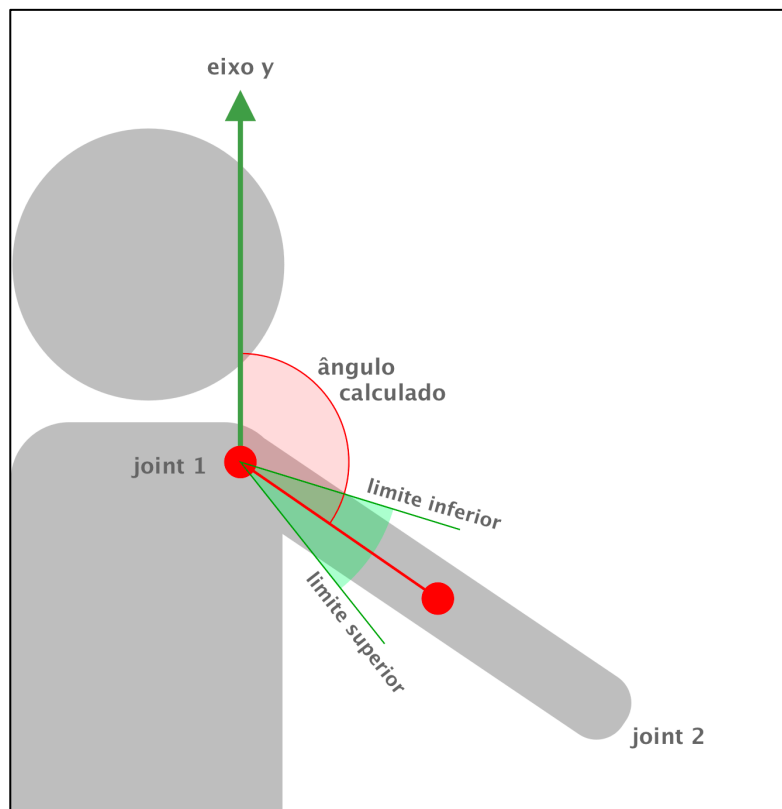
Fonte: autor, 2021.

4.7.2. Axis Angle Condition

Essa condição tem como base o ângulo formado entre um vetor que une dois *joints* e um dos três eixos do sistema. A condição é determinada com a definição de seis parâmetros principais, sendo eles: primeiro e segundo *joint*, eixo a partir do qual será calculado o ângulo, sentido do eixo que será considerado (positivo ou negativo), limite inferior e limite superior. No exemplo da Figura 18 a condição está sendo definida pelo *joint* do ombro esquerdo, *joint* do cotovelo esquerdo, eixo y como base para o cálculo do ângulo, direção positiva do eixo y, limite inferior e limite superior.

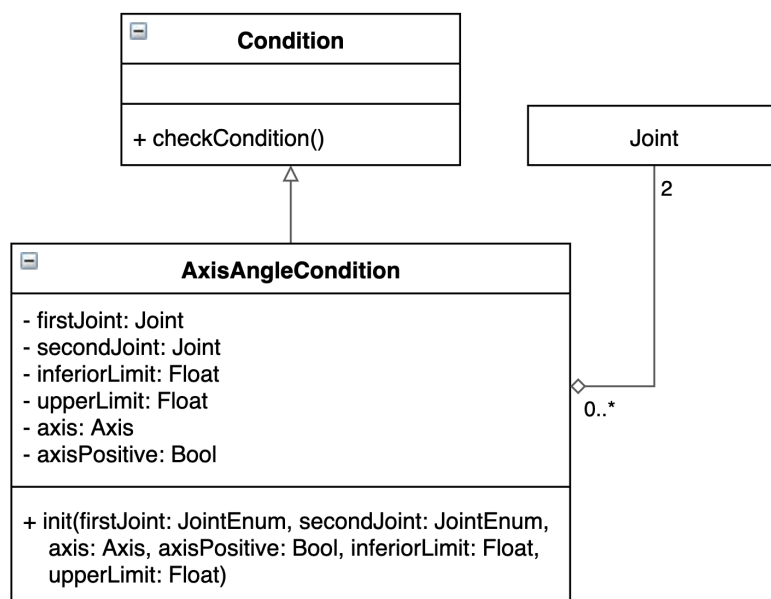
Para que a condição seja válida, o ângulo calculado deve estar entre o limite inferior e o limite superior.

Figura 18. *Axis Angle Condition*.



Fonte: autor, 2021.

A Figura 19 representa o diagrama da classe *AxisAngleCondition*.

Figura 19. Diagrama da classe *Axis Angle Condition*.

Fonte: autor, 2021.

A função *checkCondition* implementada na classe *AxisAngleCondition* cria um vetor *v1* a partir da subtração dos dois pontos (*firstJoint* e *secondJoint*) recebidos por parâmetro. Outro vetor (*v2*) é criado conforme o parâmetro *axis* também passado para a função. Esse segundo vetor é unitário, ou seja, seu comprimento é igual a 1 e sua direção coincide com a direção do eixo passado por parâmetro. Por exemplo, se for passado o eixo *y*, o vetor terá posição final nas coordenadas (*x*: 0, *y*: 1, *z*: 0).

Após a criação dos dois vetores, calcula-se o ângulo entre eles. Após o cálculo do ângulo é possível verificar se ele está contido no intervalo definido pela pose. A Figura 20 mostra a função que calcula o ângulo entre o vetor formado pelos 2 pontos e um dos eixos do sistema.

Figura 20. Função que calcula o ângulo entre um vetor e um dos eixos do sistema de coordenadas.

```

let v1 = p2 - p1

var v2: SIMD3<Float>

switch axis {
case .x:
    if axisPositive {
        v2 = SIMD3(x: Float(1), y: Float(0), z: Float(0))
    } else {
        v2 = SIMD3(x: Float(-1), y: Float(0), z: Float(0))
    }
case .y:
    if axisPositive {
        v2 = SIMD3(x: Float(0), y: Float(1), z: Float(0))
    } else {
        v2 = SIMD3(x: Float(0), y: Float(-1), z: Float(0))
    }
case .z:
    if axisPositive {
        v2 = SIMD3(x: Float(0), y: Float(0), z: Float(1))
    } else {
        v2 = SIMD3(x: Float(0), y: Float(0), z: Float(-1))
    }
}

let scalar = Math.scalar(v1: v1, v2: v2)
let sqrtD1 = Math.sqrSize(vector: v1)
let sqrtD2 = Math.sqrSize(vector: v2)
let scalarDelta = sqrt(abs(sqrtD1 * sqrtD2))

let cosTheta = scalar / scalarDelta
let theta = acos(cosTheta)

return theta * 180 / Float.pi

```

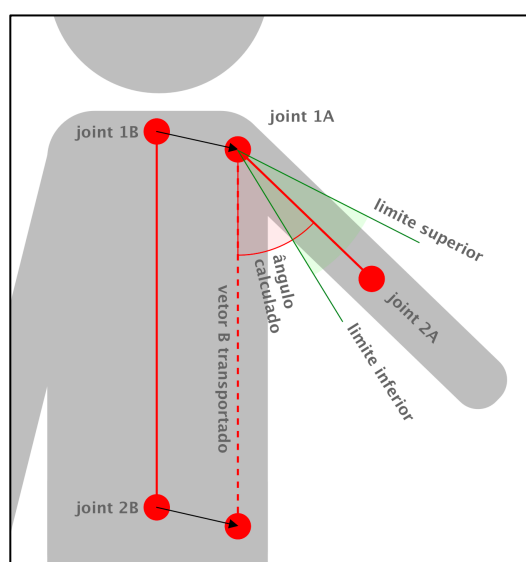
Fonte: autor, 2021.

4.7.3. Angle Between Vectors Condition

Essa condição considera o ângulo formado entre dois vetores. Cada vetor é formado por dois *joints* distintos. O ângulo é calculado entre o primeiro vetor e o segundo vetor transportado para a origem do primeiro. A direção do segundo vetor não é alterada quando o vetor é transportado. Essa condição é determinada com a definição de seis parâmetros, que são: primeiro e segundo *joint* do primeiro vetor (segmento), primeiro e segundo *joint* do segundo vetor, limite superior e limite inferior. No exemplo da Figura 21 considera-se o ângulo formado entre o braço e a coluna. O

ângulo é calculado a partir da construção de dois vetores que têm o mesmo ponto de origem. O vetor A tem origem no *joint* do ombro esquerdo e sua direção aponta para o *joint* do cotovelo esquerdo. O vetor B tem a origem na base do pescoço e aponta para a base da coluna. É feito o translado do vetor B para a origem do vetor A. Dessa forma ambos os vetores possuem a mesma origem, o *joint* do ombro esquerdo. O Vetor B mantém sua direção, então é calculado o ângulo entre os dois vetores. O ângulo calculado deve estar entre o limite inferior e o limite superior para que a condição seja satisfeita.

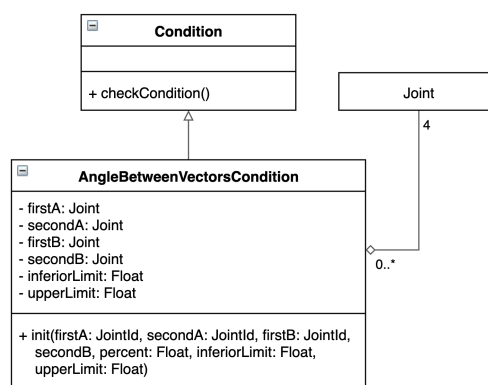
Figura 21. *Angle Between Vectors Condition*.



Fonte: autor, 2021.

A Figura 22 representa o diagrama da classe *AngleBetweenVectors Condition*.

Figura 22. Diagrama da classe *Angle Between Vectors Condition*.



Fonte: autor, 2021.

A função *checkCondition* implementada na classe *AngleBetweenVectors Condition* cria dois vetores *v1* e *v2* a partir da subtração dos pontos recebidos por parâmetros (*firstA*, *secondA*, *firstB*, *secondB*).

Após a criação dos dois vetores é calculado o ângulo entre eles utilizando a função *anglebetweenThreePoints* da classe *Math*.

A Figura 23 mostra o trecho de código que calcula o ângulo entre os dois vetores.

Figura 23. Cálculo do ângulo entre vetores.

```
// Vetor que sai do firstB para o firstA
let difference = firstA.coord - firstB.coord

// Criando um ponto C transportando o vetor B para o primeiro ponto do vetor A
let cPoint = secondB.coord + difference

// Obtendo o ângulo entre o vetor A e o vetor (firstA -> cPoint)
let angle = Math.angleBetweenThreePoints(p1: secondA.coord, p2: firstA.coord, p3: cPoint)
```

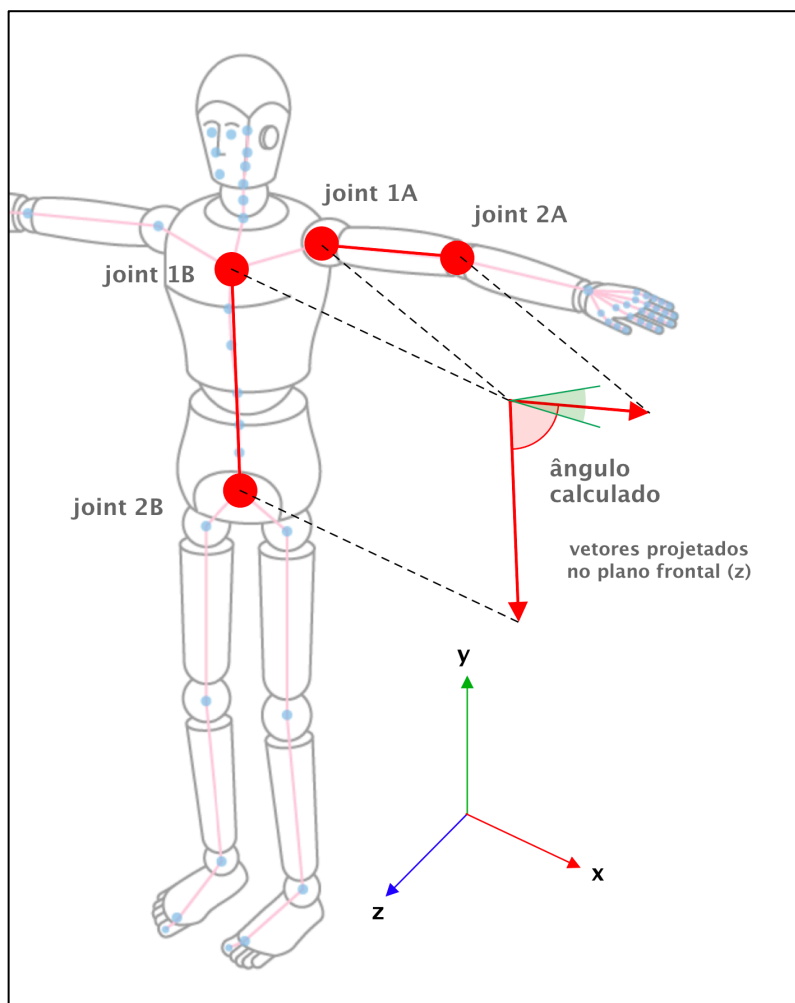
Fonte: autor, 2021.

Após o cálculo do ângulo é possível verificar se ele está contido no intervalo definido pela pose.

4.7.4. Angle Between Vectors in Plane Condition

Essa condição é muito parecida com a condição descrita anteriormente (*Angle Between Vectors Condition*), porém, nesse caso, os vetores são projetados em um dos três planos anatômicos (sagital, coronal e transversal). O ângulo final é calculado com base nos vetores projetados em um dos planos. Essa condição é definida com os mesmos seis parâmetros da condição anterior e mais um sétimo parâmetro, o plano no qual os vetores serão projetados. No exemplo da Figura 24, os vetores A e B são projetados no plano frontal, plano perpendicular ao eixo z. O vetor B é transportado para que sua origem coincida com a origem do vetor A, então o ângulo entre as duas projeções é calculado. Por fim, o ângulo deve estar entre os limites definidos para que a condição seja válida.

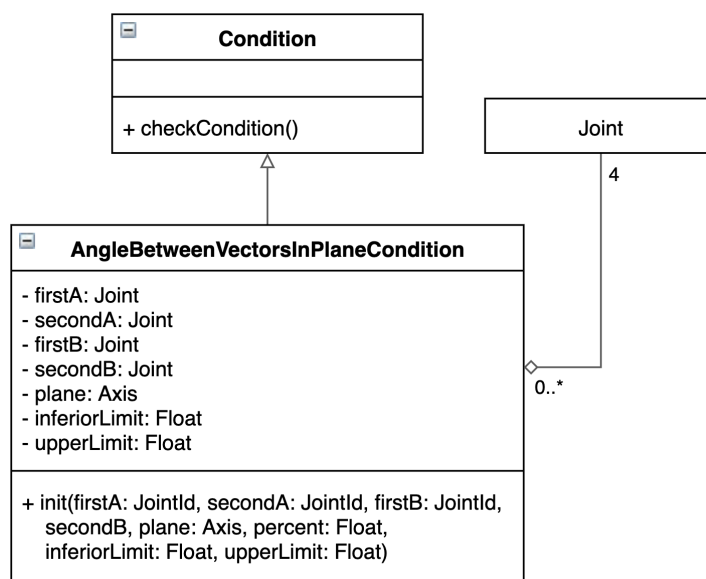
Figura 24. Angle Between Vectors in Plane Condition.



Fonte: autor, 2021.

A Figura 25 representa o diagrama da classe *AngleBetweenVectors InPlaneCondition*.

Figura 25. Diagrama da classe *Angle Between Vectors in Plane Condition*.



Fonte: autor, 2021.

A função *checkCondition* implementada na classe *AngleBetweenVectors Condition* cria dois vetores *v1* e *v2* a partir da subtração dos pontos recebidos por parâmetros (*firstA*, *secondA*, *firstB*, *secondB*).

Os vetores *v1* e *v2* são projetados no plano conforme o eixo recebido por parâmetro. Por exemplo, se o parâmetro recebido é o eixo *y*, os vetores são projetados no plano perpendicular ao eixo *y*, ou seja, suas coordenadas *y* serão zeradas.

Após os vetores terem sido projetados no plano é calculado o ângulo entre eles utilizando a função *anglebetweenThreePoints* da classe *Math*. Verifica-se então se o ângulo está contido no intervalo definido pela pose.

A Figura 26 mostra a função que calcula o ângulo entre vetores projetados em um dos planos perpendiculares aos eixos do sistema de coordenadas e verifica se o ângulo está contido no intervalo delimitado.

Figura 26. Função `checkCondition` da classe *AngleBetweenVectorsInPlaneCondition*.

```
func checkCondition() -> Bool {
    // Vetor que sai do firstB para o firstA
    let difference = vectorInPlane(vector: firstA.coord - firstB.coord, plane: plane)

    // Criando um ponto C transportando o vetor B para o primeiro ponto do vetor A
    let cPoint = vectorInPlane(vector: secondB.coord, plane: plane) + difference

    // Obtendo o ângulo entre o vetor A e o vetor (firstA -> cPoint)
    let angle = Math.angleBetweenThreePoints(p1: vectorInPlane(vector: secondA.coord, plane: plane), p2:
        vectorInPlane(vector: firstA.coord, plane: plane), p3: cPoint)

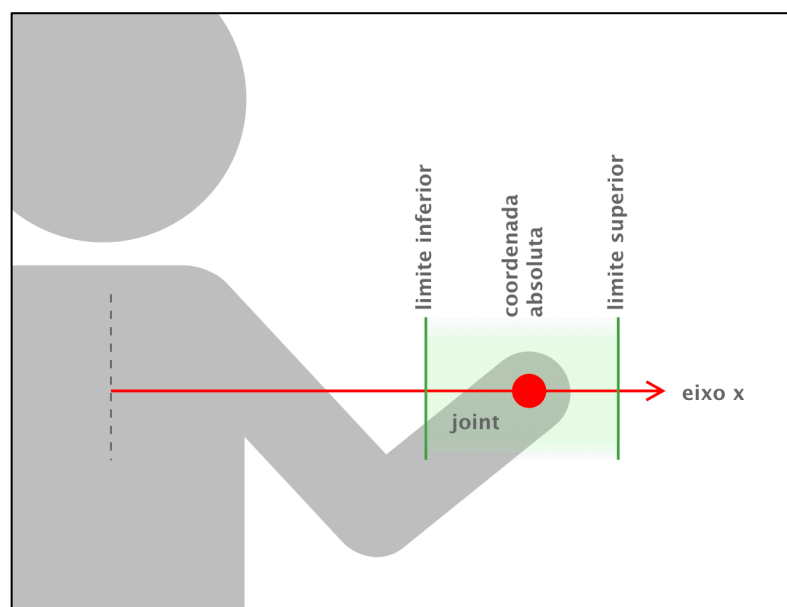
    switch condition {
    case .greater:
        return angle >= inferiorLimit
    case .less:
        return angle <= upperLimit
    case .between:
        return angle >= inferiorLimit && angle <= upperLimit
    }
}

private func vectorInPlane(vector: SIMD3<Float>, plane: Axis) -> SIMD3<Float> {
    switch plane {
    case .x:
        return SIMD3(x: 0, y: vector.y, z: vector.z)
    case .y:
        return SIMD3(x: vector.x, y: 0, z: vector.z)
    case .z:
        return SIMD3(x: vector.x, y: vector.y, z: 0)
    }
}
```

Fonte: autor, 2021.

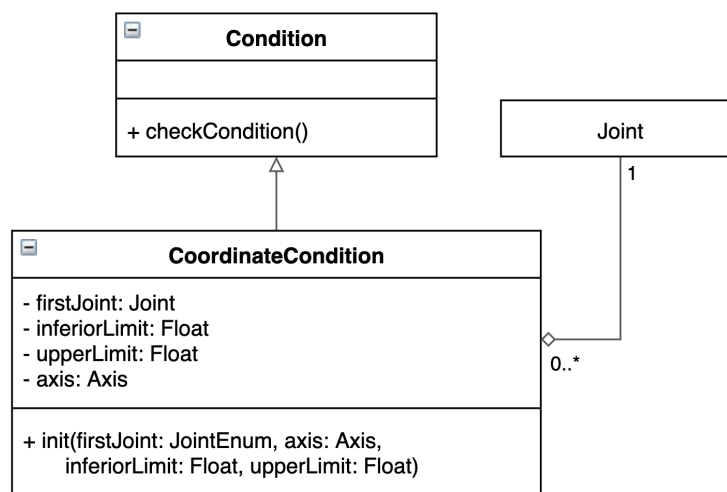
4.7.5. Coordinate Condition

Condição cuja base é a coordenada absoluta dos *joints* em um dos eixos. Essa condição é determinada por quatro parâmetros: o *joint*, o eixo, o limite inferior e o limite superior. No exemplo da Figura 27 considera-se o valor x da coordenada do *joint* da mão esquerda. A condição será válida se a coordenada estiver dentro dos limites estabelecidos.

Figura 27. *Coordinate Condition*.

Fonte: autor, 2021.

A Figura 28 representa o diagrama da classe *CoordinateCondition*.

Figura 28. Diagrama da classe *Coordinate Condition*.

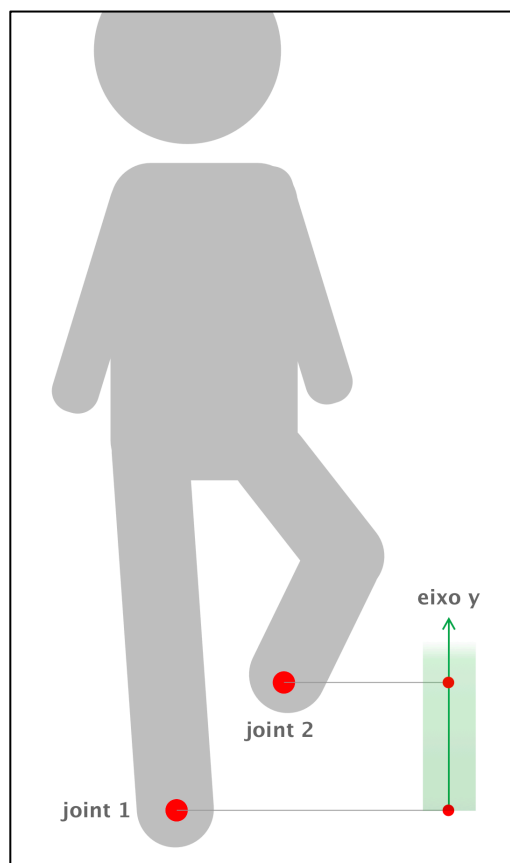
Fonte: autor, 2021.

A função *checkCondition* implementada na classe *CoordinateCondition* verifica se a coordenada do ponto no eixo estabelecido (*firstJoint*) está contida no limite recebido por parâmetro.

4.7.6. *Position Condition*

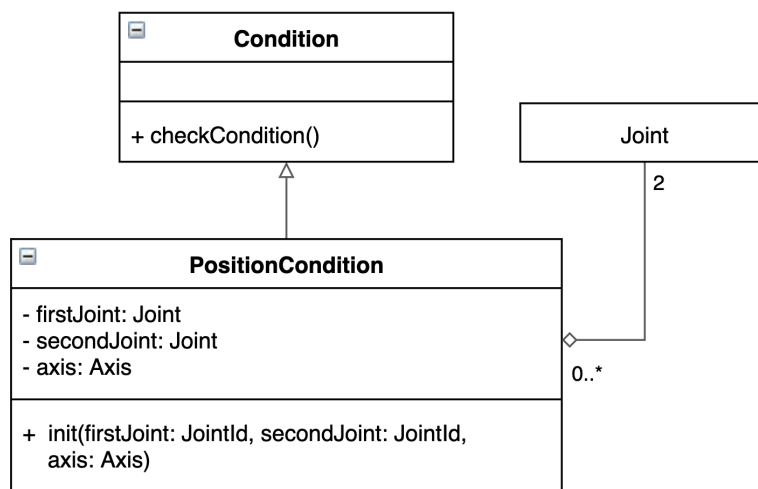
Essa condição verifica a posição relativa entre dois *joints* em um dos três eixos (x, y, z). Se um *joint* está acima ou abaixo, se está à direita ou à esquerda, ou se está para frente ou para trás de outro *joint*. Essa condição é determinada com a definição de quatro parâmetros: primeiro e segundo *joint*, eixo de comparação e sentido da comparação (positivo ou negativo). No exemplo da Figura 29 o primeiro *joint* é o do pé direito e o segundo do pé esquerdo, o eixo de comparação é o y e o sentido do eixo positivo. A condição será válida sempre que a coordenada y do pé direito for superior à coordenada y do pé esquerdo, ou seja, quando o pé esquerdo estiver levantado.

Figura 29. *Position Condition*.



Fonte: autor, 2021.

A Figura 30 representa o diagrama da classe *PositionCondition*.

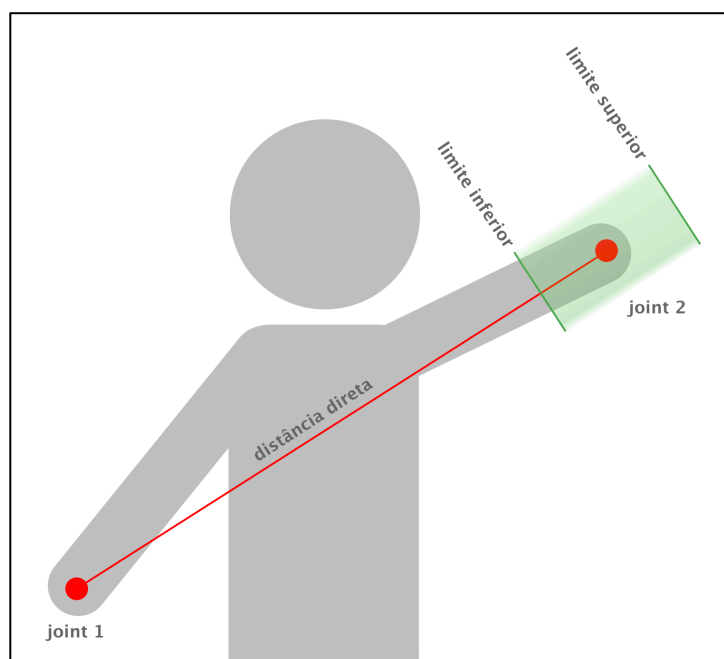
Figura 30. Diagrama da classe *Position Condition*.

Fonte: autor, 2021.

A função *checkCondition* implementada na classe *PositionCondition* verifica se a coordenada do primeiro ponto (*firstJoint*) no eixo estabelecido é maior ou menor que a coordenada no mesmo eixo do segundo ponto (*secondJoint*) conforme parâmetro *relativeCondition*. O parâmetro *relativeCondition* indica se a coordenada do primeiro ponto deve ser maior ou menor que a coordenada do segundo ponto.

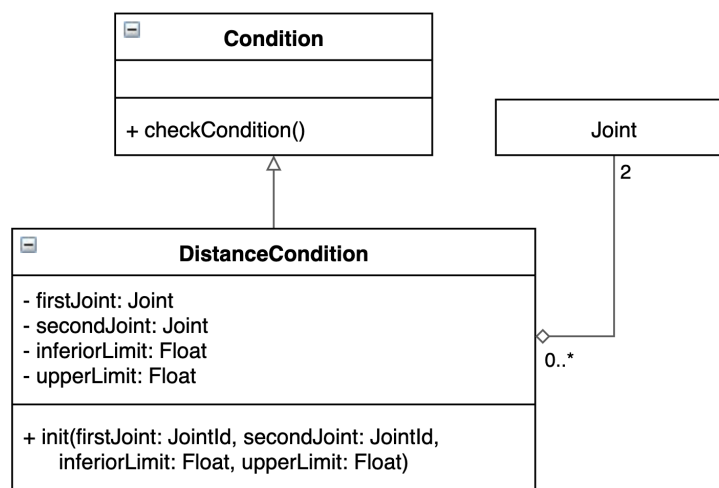
4.7.7. *Distance Condition*

Condição para verificar a distância absoluta entre dois *joints*. Essa condição é determinada por quatro parâmetros: os dois *joints*, o limite inferior e o limite superior. No exemplo da Figura 31 o primeiro *joint* é o da mão direita e o segundo é o da mão esquerda. A condição será válida sempre que a distância entre os pontos estiver dentro do intervalo definido pelos limites.

Figura 31. *Distance Condition*.

Fonte: autor, 2021.

A Figura 32 representa o diagrama da classe *DistanceCondition*.

Figura 32. Diagrama da classe *Distance Condition*.

Fonte: autor, 2021.

A função *checkCondition* implementada na classe *DistanceCondition* cria um vetor *v1* por meio da subtração dos pontos *firstJoint* e *secondJoint* recebidos por parâmetros. Utiliza, então, a função *size* da classe *Math* para obter o tamanho desse vetor. A Figura 33 mostra o código que realiza o cálculo da distância entre dois pontos.

Figura 33. Cálculo da distância entre dois pontos

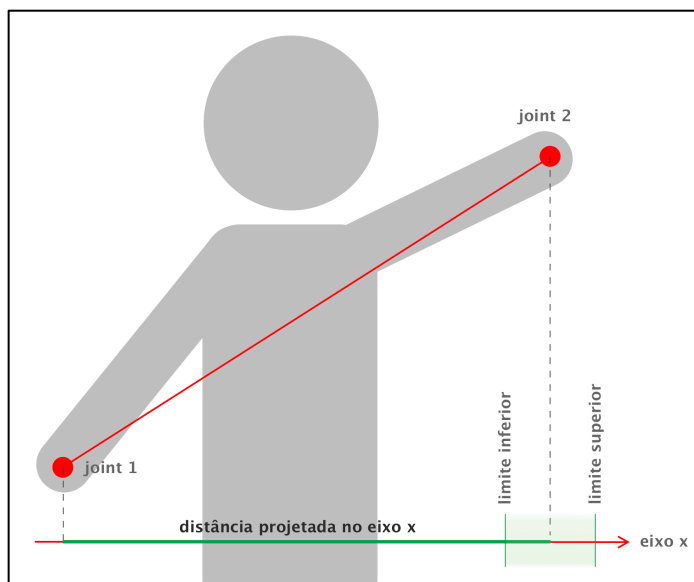
```
let distance = Math.size(vector: secondJoint.coord - firstJoint.coord)
```

Fonte: autor, 2021.

Essa distância então é comparada com os limites estabelecidos.

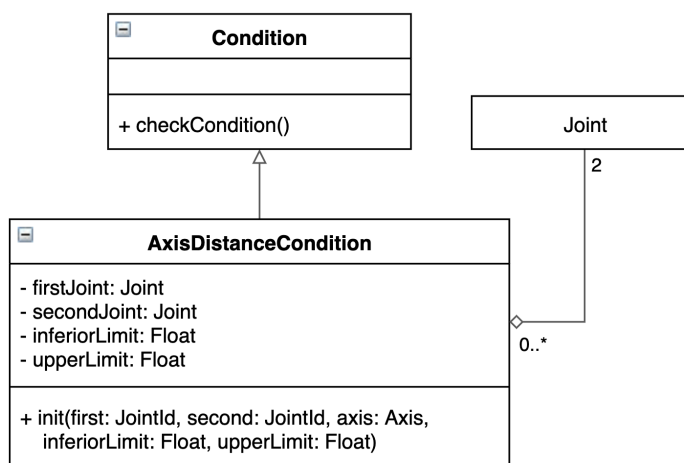
4.7.8. *Axis Distance Condition*

Condição muito semelhante à anterior, *Distance Condition*. É a distância absoluta entre dois *joints* considerando apenas as coordenadas em um dos três eixos, ou seja, é a distância projetada em um dos eixos do sistema. Essa condição é determinada por cinco parâmetros: os dois *joints*, o eixo ao qual a distância será projetada, o limite inferior e o limite superior. No exemplo da Figura 34 o primeiro *joint* é o da mão direita, o segundo *joint* é o da mão esquerda e o eixo de projeção é o “x”. Para que a condição seja satisfeita, a distância projetada deve estar entre os limites estabelecidos.

Figura 34. *Axis Distance Condition*.

Fonte: autor, 2021.

A Figura 35 representa o diagrama da classe *AxisDistanceCondition*.

Figura 35. Diagrama da classe *Axis Distance Condition*.

Fonte: autor, 2021.

A função *checkCondition* implementada na classe *DistanceCondition* verifica se a diferença entre as coordenadas dos pontos recebidos no eixo estabelecido está dentro do limite definido. Por exemplo, se o eixo recebido por parâmetro for o eixo x, a função calcula a distância entre as coordenadas x dos dois pontos.

A Figura 36 mostra o código que calcula a distância entre dois pontos projetada no eixo x do sistema de coordenadas.

Figura 36. Cálculo da distância entre dois pontos projetada no eixo x do sistema de coordenadas.

```
distance: abs(firstJoint.coord.x - secondJoint.coord.x)
```

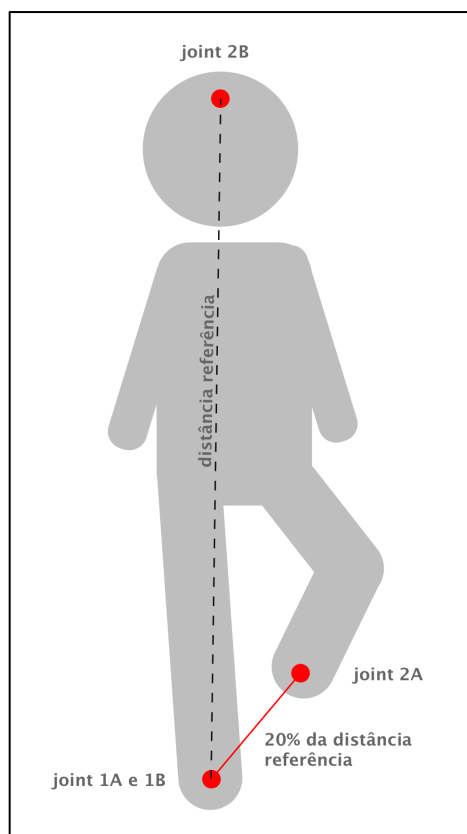
Fonte: autor, 2021.

4.7.9. Relative Distance Condition

Essa condição calcula a distância entre dois *joints* e compara com outra distância estabelecida por outros dois *joints*. Por exemplo, para detectar se a pessoa deu um passo para frente, pode-se criar uma condição que verifica a distância entre o *joint* do pé esquerdo e o *joint* do pé direito. Porém, é possível considerar que essa distância entre os pontos pode ser proporcional à altura da pessoa. Nesse caso considera-se a distância entre os pés como uma porcentagem da altura pessoa. Essa condição é determinada por seis parâmetros: os dois *joints* referentes à distância que se deseja medir, os dois *joints* que definem a distância referência, a porcentagem

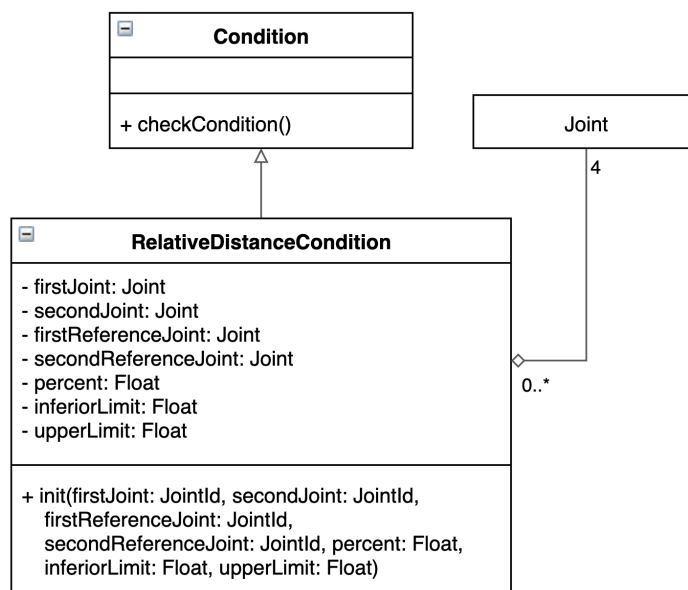
limite inferior e a porcentagem limite superior. No exemplo da Figura 37 está definida uma condição para verificar o quanto um pé está afastado do outro, porém, considerando a altura da pessoa.

Figura 37. *Relative Distance Condition*.



Fonte: autor, 2021.

A Figura 38 representa o diagrama da classe *RelativeDistanceCondition*.

Figura 38. Diagrama da classe *Relative Distance Condition*.

Fonte: autor, 2021.

A função *checkCondition* implementada na classe *RelativeDistance Condition* cria dois vetores a partir da subtração dos pontos recebidos por parâmetros (*firstJoint*, *secondJoint*, *firstReference*, *secondReference*). Para cada vetor é utilizada a função *size* da classe *Math* para obter seus tamanhos. A distância relativa é obtida a partir da divisão do tamanho de um vetor pelo tamanho do outro vetor.

A Figura 39 mostra o código que realiza o cálculo dessa distância relativa.

Figura 39. Cálculo da distância relativa na classe *RelativeDistanceCondition*.

```

let referenceDistance = Math.size(vector: secondReferenceJoint.coord - firstReferenceJoint.coord)
let distance = Math.size(vector: secondJoint.coord - firstJoint.coord)
let relativeDistance = distance / referenceDistance
  
```

Fonte: autor, 2021.

Posteriormente é verificado se a distância relativa (*rate*) está contida no limite determinado.

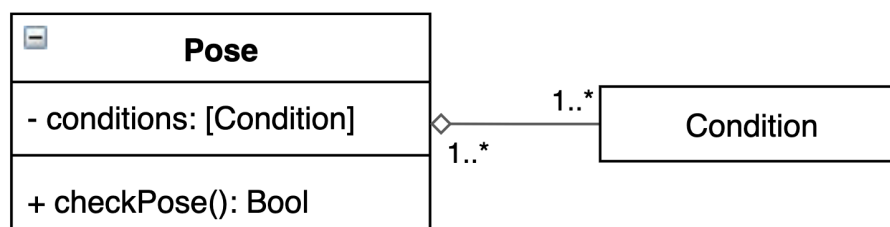
Com o conjunto dessas condições o jogo é capaz de detectar se a pessoa está ou não em uma pose estabelecida. Lembrando que uma pose pode ser formada pela combinação de várias dessas condições.

Após a elaboração dos modelos de condições, todos os movimentos da coreografia foram codificados e testados.

A fase de codificação consistiu em aplicar os modelos de condições necessários para detectar cada um dos movimentos da coreografia. Após a codificação de cada movimento, a condição foi testada por meio de capturas reais dos movimentos. Dos 29 movimentos criados para a coreografia, três não passaram no teste, ou seja, o sistema não foi capaz de detectar tais condições. Os três movimentos foram: dissociação da cintura, protração e retração escapular.

Com esse conjunto de classes de condições, capazes de avaliar operações matemáticas com as coordenadas dos *joints*, foi criada a classe *Pose*. A classe *Pose* une vários objetos das classes de condições para assim criar poses específicas. Conforme a representação da classe *Pose* na Figura 40, pode-se observar que a classe possui apenas um atributo e um método. Seu atributo é uma lista das condições que compõem a pose específica, e seu método valida se todas as condições estão sendo satisfeitas simultaneamente. A relação entre a classe *Pose* e a classe *Condition* é uma relação de agregação. Para cada objeto da classe *Pose*, pode haver um ou mais objetos da classe *Condition*, e cada objeto da classe *Condition* pode fazer parte de um ou mais objetos da classe *Pose*.

Figura 40. Representação da classe *Pose*.



Fonte: autor, 2021.

4.8. ARQUITETURA DAS CLASSES DA COREOGRAFIA

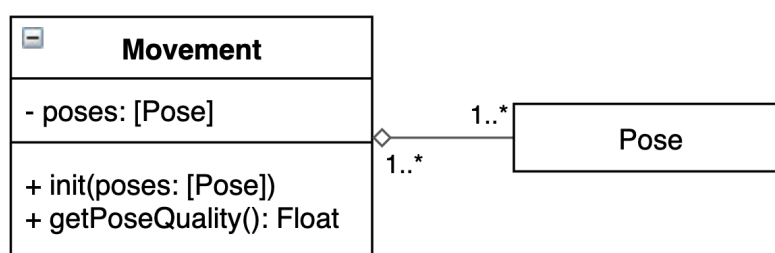
Com o desenvolvimento do mecanismo de detecção de pose, o jogo já é capaz de identificar se a pessoa está em uma determinada posição ou não. Porém, para um jogo de dança, precisamos detectar uma coreografia e não apenas uma pose. Nesse caso, o jogo precisa detectar uma sequência de poses ao longo da execução. Conforme observado na fase de levantamento de requisitos, é muito importante que o fisioterapeuta possa configurar o jogo conforme as condições de seu paciente, pois cada participante pode realizar diferentes amplitudes de movimentos. Nesse caso, foi

necessário criar alguns parâmetros como: amplitude, ativação e desativação da detecção de membros. Para resolver essas questões foram desenvolvidos os conceitos de *Movement*, *Step*, *Track* e *Choreography*.

4.8.1. Movement

Basicamente a classe *Movement* representa uma pose a ser executada durante a dança. Porém, como já observado, cada paciente pode externar diferentes amplitudes máximas para um mesmo movimento. Para resolver essa situação, a classe *Movement* não se aplica a/apresenta apenas uma pose, mas a uma lista delas, sendo cada uma com uma amplitude diferente para a mesma pose, conforme representado na Figura 41.

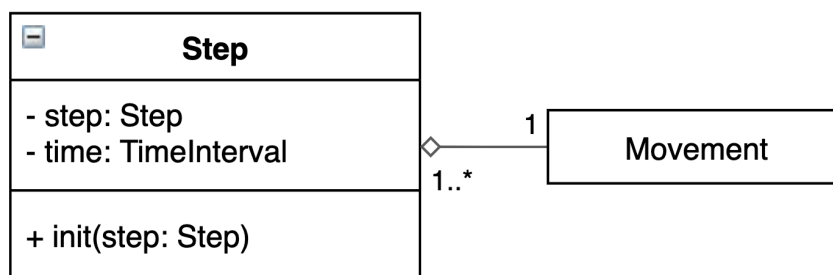
Figura 41. Representação da classe *Movement*.



Fonte: autor, 2021.

4.8.2. Step

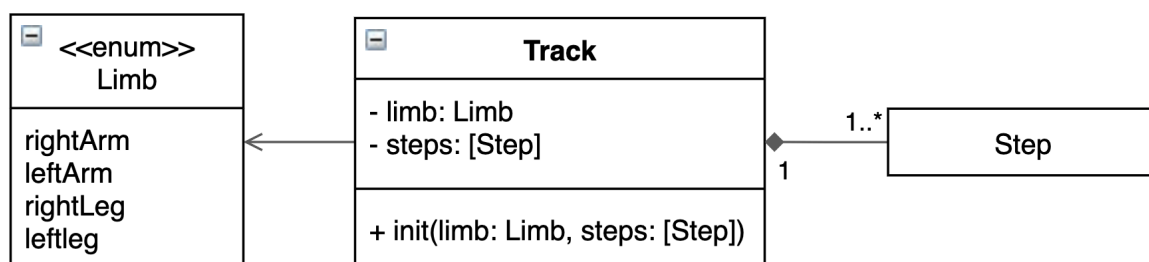
A classe *Step* associa um passo da dança (*movement*) a um tempo da música, ou seja, é o momento da música em que uma pose deve ser realizada. Então, por definição, objetos da classe *Step* são compostos por um objeto da classe *Movement* e o tempo da música em que o movimento deve ser realizado. A Figura 42 representa a classe *Step*. Pode-se observar, na representação da associação entre a classe *Step* e a classe *Movement*, que cada objeto da classe *Step* apresenta apenas um objeto da classe *Movement*, porém, cada objeto da classe *Movement* pode pertencer a vários objetos da classe *Step*. Essa relação permite que um movimento da dança, que se repita mais de uma vez durante a coreografia, possa ser reaproveitado pelo sistema.

Figura 42. Representação da classe *Step*.

Fonte: autor, 2021.

4.8.3. *Track*

Objetos da classe *Track* são formados por um conjunto de objetos da classe *Step* definidos para um mesmo membro do corpo humano. Sendo assim, para cada membro do corpo é definida uma *track*. Em uma coreografia pode haver a *track* do braço esquerdo, a *track* do braço direito e assim por diante. Essa separação dos passos da dança em *tracks* é necessária para que o terapeuta possa configurar o jogo conforme a necessidade de seu paciente. No caso de um paciente que não tenha condições de realizar a coreografia em pé, por exemplo, o terapeuta pode configurar para que não sejam considerados os movimentos a serem realizados pelas pernas. A Figura 43 representa a classe *Track*. Pode-se observar que a classe *Track* apresenta um atributo referente ao membro ao qual a *track* corresponde, e um atributo referente à lista de *steps*. Pela relação entre a classe *Track* e a classe *Step* podemos observar que cada *track* pode apresentar um ou mais *steps*, porém cada *step* pertence a apenas uma *track*.

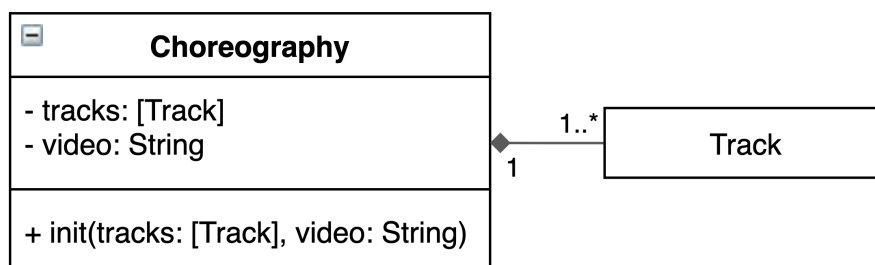
Figura 43. Representação da classe *Track*.

Fonte: autor, 2021.

4.8.4. Choreography

Por fim, a classe *Choreography* é definida como sendo um conjunto de várias *tracks*, sendo idealmente uma *track* para cada membro do corpo. Além do conjunto de *tracks*, a classe possui também a referência do vídeo com a música da coreografia elaborada. A Figura 44 representa a classe *Choreography* com seus atributos, métodos e sua relação com a classe *Track*. Cada objeto da classe *Choreography* pode possuir a referência de um ou mais objetos da classe *Track*, e cada objeto da classe *Track* pertence a apenas um objeto da classe *Choreography*.

Figura 44. Representação da classe *Choreography*.



Fonte: autor, 2021.

4.9. DESENVOLVIMENTO DA COREOGRAFIA

Com a definição das classes descritas anteriormente foi desenvolvida a primeira coreografia, em parceria com estudantes e profissionais da área de fisioterapia e dançaterapia. A coreografia teve como base movimentos executados nas terapias de reabilitação motora. Foi escolhido o trecho de uma canção do gênero popular brasileiro, com duração de aproximadamente dois minutos.

A melodia foi dividida em 26 pequenos trechos. Para cada um desses trechos foram definidos os parâmetros para detectar todas as poses necessárias e os intervalos de amplitude, conforme exemplificado na Figura 5. No total foram criados 26 objetos da classe *Movement*, ou seja, posições da coreografia com divisões da amplitude dos movimentos. Entre essas posições estão movimentos de flexão, abdução e adução de ombro, flexão de cotovelo, e movimentos de pernas, como passos para frente e para trás.

Na maioria dos casos, as amplitudes foram segmentadas em quatro intervalos, o que resultou na criação de 107 poses. Os 26 *movements* criados foram utilizados

para compor 158 *steps*. Obviamente vários *movements* foram utilizados mais de uma vez na definição dos *steps*. Além dos *movements*, cada *step* recebeu também como parâmetro um determinado tempo da música referente ao momento em que o passo da dança deveria ser realizado.

Por sua vez, os 158 *steps* foram utilizados para compor quatro *tracks*: uma para o braço esquerdo, uma para o braço direito, uma para a perna esquerda e uma para a perna direita. Cada *track* de braço foi composta por 54 *steps* e cada *track* de perna foi composta por 25 *steps*, totalizando assim os 158 *steps* desenvolvidos.

Por fim, as quatro *tracks* foram utilizadas para compor a coreografia completa por meio da classe *Choreography*.

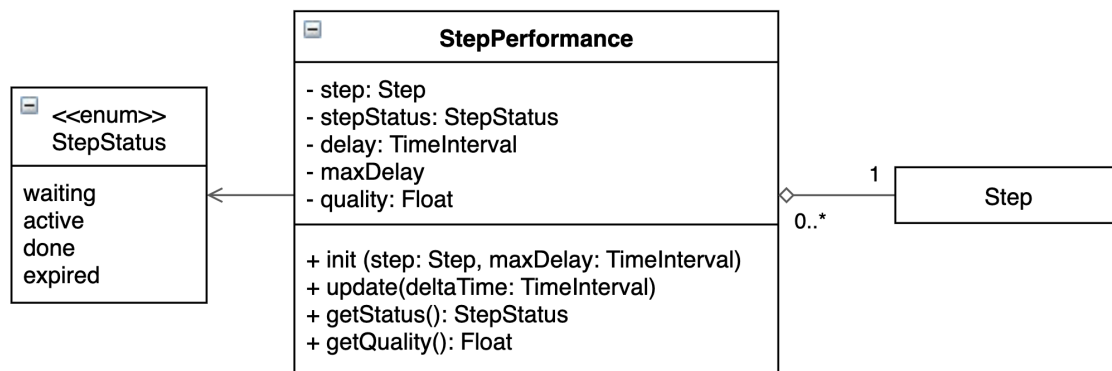
4.10. ARQUITETURA DAS CLASSES DE PERFORMANCE

Além da arquitetura das classes que compõem as coreografias, é necessário também desenvolver a arquitetura de classes para serem utilizadas quando o paciente estiver efetivamente utilizando o aplicativo. No momento em que o jogo está sendo executado, são necessários itens funcionais para verificar a realização dos movimentos, calcular a pontuação, mostrar os resultados ao paciente e salvar as informações das partidas.

Inicialmente foi desenvolvida uma classe denominada *StepPerformance*. Essa classe representa a execução de um *step* no momento do jogo. Ou seja, essa classe apresenta relação com a classe *step* e também outros atributos, como definir o *status* do passo, o tempo para a execução do passo e a faixa de amplitude máxima que o jogador atingiu ao executá-lo. A Figura 45 representa a classe *StepPerformance*, seus atributos, métodos e relação com a classe *Step*. O atributo *stepStatus* pode assumir quatro valores (*status*) distintos. São eles: *waiting*, utilizado enquanto o passo ainda não deve ser executado, ou seja, ainda não chegou o momento/tempo melódico exato para execução de determinado passo da coreografia; *active*, utilizado quando o passo já pode ser executado; *done*, utilizado quando o jogador já atingiu a amplitude máxima do movimento e *expired*, utilizado quando termina o tempo que o jogador tem para realizar o movimento. *Delay* é o tempo que passou desde o momento em que o passo pode ser executado até ele de fato ser executado, *maxDelay* é o tempo máximo disponível para o jogador realizar o movimento e *quality* é a faixa de porcentagem que o jogador atingiu ao efetuar o passo. Entre os métodos da classe está a função *update*,

essa função é executada aproximadamente 60 vezes por segundo. A função *update* recebe como parâmetro o intervalo de tempo que passou desde a última chamada da função. Esse intervalo de tempo é utilizado para calcular o tempo que o paciente levou para realizar o movimento e assim alterar o *status* do *step* quando necessário.

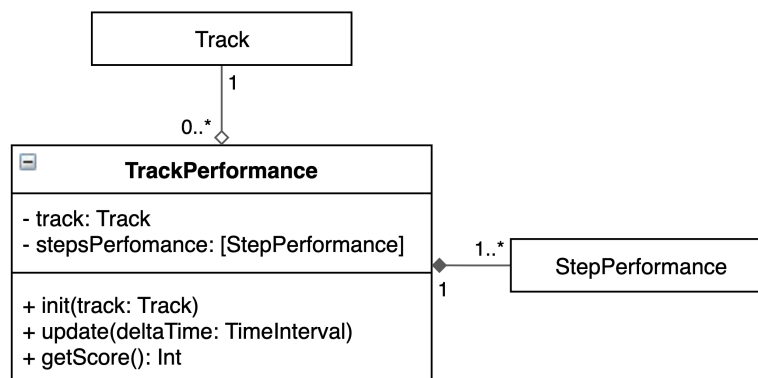
Figura 45. Representação da classe *StepPerformance*.



Fonte: autor, 2021.

Todos os objetos da classe *StepPerformance* são gerados por uma classe chamada *TrackPerformance*. Essa classe recebe em seu inicializador uma das *tracks* da coreografia. Como visto anteriormente, as *tracks* guardam referência de todos os *steps* relativos a um mesmo membro do corpo. Para cada *step* existente na *track*, um novo objeto da classe *StepPerformance* é gerado. A Figura 46 mostra uma representação da classe *TrackPerformance*.

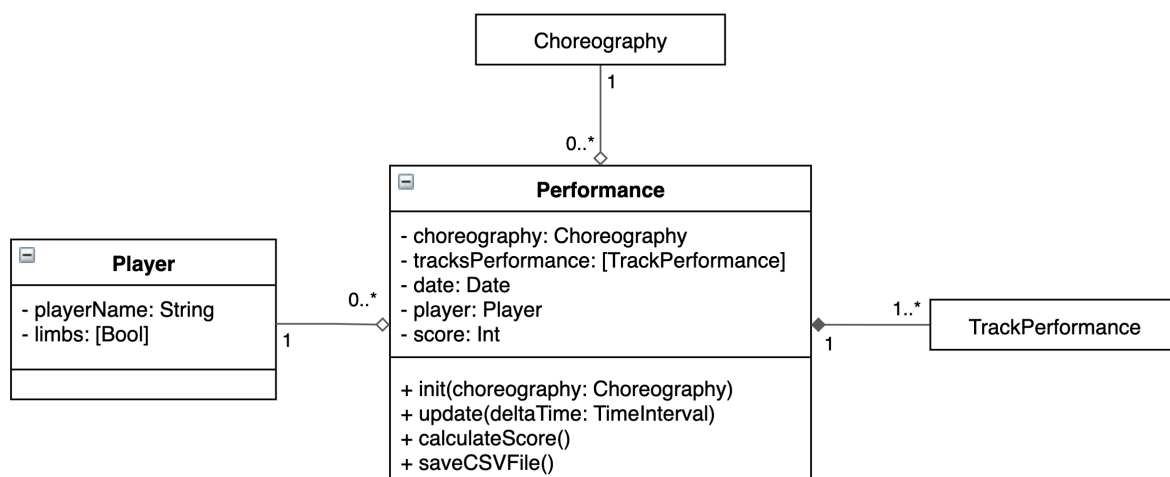
Figura 46. Representação da classe *TrackPerformance*.



Fonte: autor, 2021.

Por fim é definida a classe *Performance* (Figura 47). Objetos dessa classe representam as jogadas realizadas pelos pacientes. A classe *Performance* recebe como parâmetro em seu inicializador a referência para a coreografia. A coreografia por sua vez contém as listas com as todas as *tracks* e, para cada *track*, é gerado e armazenado um objeto da classe *trackPerformance*. Somados à coreografia e à lista de *trackPerformance*, a classe apresenta também atributos como a data da realização da partida, a especificação do jogador que a executou e a pontuação obtida. A classe *Player* possui atributos como o nome do jogador e a lista com os membros que estão com a detecção ativada.

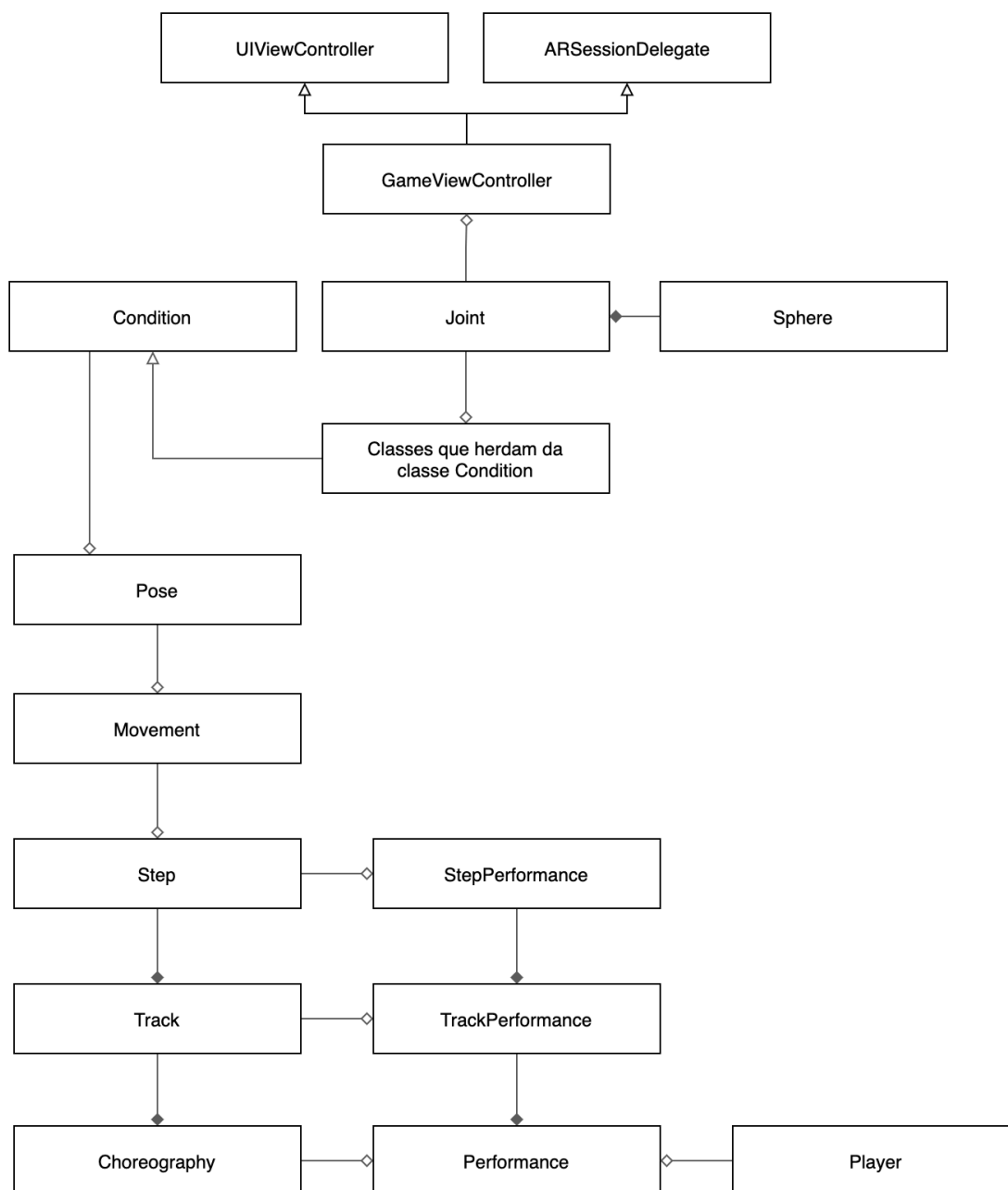
Figura 47. Representação da classe *Performance*.



Fonte: autor, 2021.

A Figura 48 mostra uma representação simplificada do diagrama de classes da arquitetura de detecção de poses, definição e execução das coreografias.

Figura 48. Representação simplificada das classes de reconhecimento de pose e coreografia.



Fonte: autor, 2021.

4.11. DESENVOLVIMENTO DA INTERFACE

A interface do aplicativo foi desenvolvida em parceria com a estudante do curso de graduação em Design na PUCPR e bolsista de iniciação científica do PPGTS. Inicialmente foi elaborado um fluxograma e um *wireframe* para mapear as funcionalidades do aplicativo. A partir do *wireframe* foram desenvolvidos os *layouts* das telas do jogo. Posteriormente foram produzidos os materiais gráficos como paleta

de cores, imagens de *background*, formas e cores de botões. Todo o material gráfico desenvolvido no projeto de design foi importado para o projeto de desenvolvimento do aplicativo e então as interfaces foram programadas.

4.12. TESTES

Após a implementação de todas as classes do sistema e todas as interfaces, iniciou-se a fase de testes com pacientes. Os testes foram realizados no Hospital de Reabilitação do Paraná, conforme aprovação pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP), (CAAAE: 25564919.2.0000.0020, parecer nº 3.963.526), da PUCPR. Todos os participantes da pesquisa (fisioterapeutas e pacientes) concordaram e assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) – Anexos I e II.

As sessões de testes foram realizadas entre os dias 25 de maio e 2 de junho de 2021 e contaram com a colaboração de 10 fisioterapeutas e 5 pacientes. Nessa fase os fisioterapeutas aprenderam a utilizar o aplicativo e selecionaram alguns pacientes com AVC para participar da pesquisa.

Após a utilização do aplicativo com os pacientes, os fisioterapeutas que participaram da pesquisa responderam a um questionário para avaliar a aceitação e satisfação dos usuários ao utilizarem o produto. Junto ao questionário, adicionou-se uma questão optativa para que os participantes comentassem livremente sobre o protótipo do jogo sério digital *exergame* com base em dançaterapia, suplementando a avaliação. Além do questionário, os fisioterapeutas também deram suas opiniões e sugestões para melhorias do jogo.

O equipamento com o jogo foi instalado em uma sala na ala de fisioterapia do Hospital de Reabilitação do Paraná. Na imagem da Figura 49 pode-se observar a TV, com 49 polegadas, tamanho 16:9, resolução 1920x11080, marca LG, fixada a um suporte para a projeção da imagem advinda do smartphone da Apple. E logo abaixo está posicionado o aparelho celular com o aplicativo sendo executado. A câmera traseira do aplicativo está direcionada para o espaço livre onde os pacientes realizaram as sessões. A imagem do celular está sendo espelhada na tela da TV.

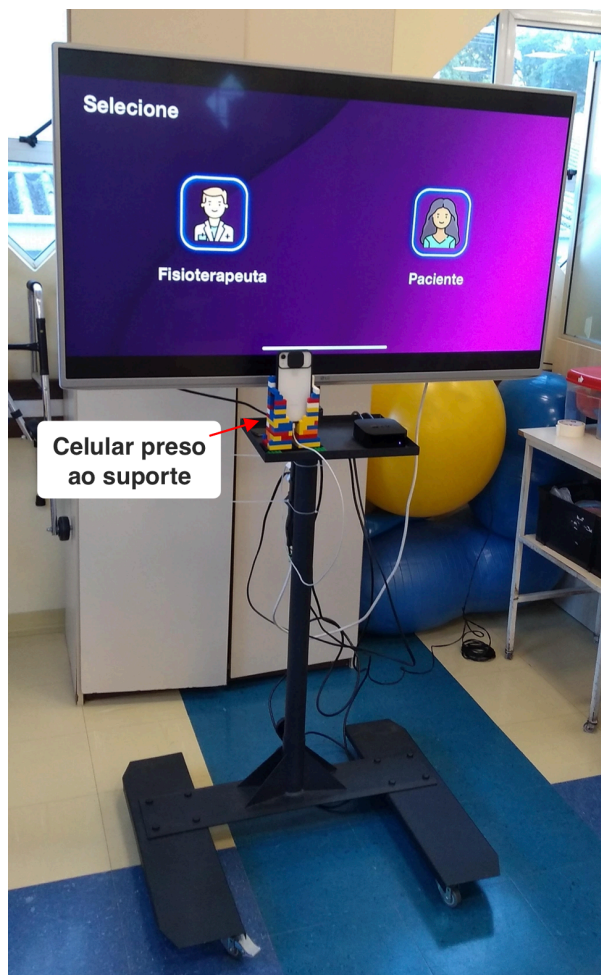
Antes da aplicação dos testes com os pacientes, os fisioterapeutas aprenderam a utilizar o aplicativo e realizaram testes com eles mesmos. Os fisioterapeutas receberam instruções para executar as tarefas seguir:

- Criar registro de paciente no aplicativo;

- Configurar quais membros seriam detectados, em cada paciente;
- Selecionar o paciente e iniciar uma nova partida;
- Visualizar histórico de partidas por paciente;
- Exportar dados gravados.

Após receberem as instruções, a maioria dos fisioterapeutas realizaram as tarefas criando seus próprios registros como pacientes e jogaram ao menos uma partida. Em razão do distanciamento social decorrente da pandemia de COVID-19, nem todos os fisioterapeutas manusearam o celular/aplicativo de teste. Mas receberam instruções e o utilizaram de forma indireta, apenas trocando informações a distância com o pesquisador.

Figura 49. TV espelhando a imagem da tela do celular.



Fonte: autor, 2021.

A Figura 50 mostra um paciente utilizando o aplicativo durante a sessão de fisioterapia.

Figura 50. Paciente utilizando o aplicativo durante sessão de fisioterapia.



Fonte: autor, 2021.

5. RESULTADOS

Na sequência encontra-se a descrição da estrutura do sistema desenvolvido, bem como o *Game Design Document* (GDD), e por fim apresenta-se a análise da usabilidade, executada durante a fase de testes do protótipo desenvolvido.

5.1. ESTRUTURA DO SISTEMA

A implementação do jogo compõe-se de seis grandes camadas, conforme diagrama da Figura 51. Nota-se que a camada mais baixa se conecta com as classes da biblioteca de desenvolvimento e as camadas mais altas, as quais estão mais próximas do jogador, trocam informações com a interface do usuário.

A primeira camada (a mais baixa) é a camada do *framework* de detecção das coordenadas das articulações. Nessa camada são geradas e atualizadas as coordenadas de todos os pontos articulares.

Na segunda camada ocorre a identificação e representação de todos os pontos (*joints*) detectados. A classe *Sphere* cria um objeto esférico 3D, a ser exibido sobre a imagem do corpo do participante.

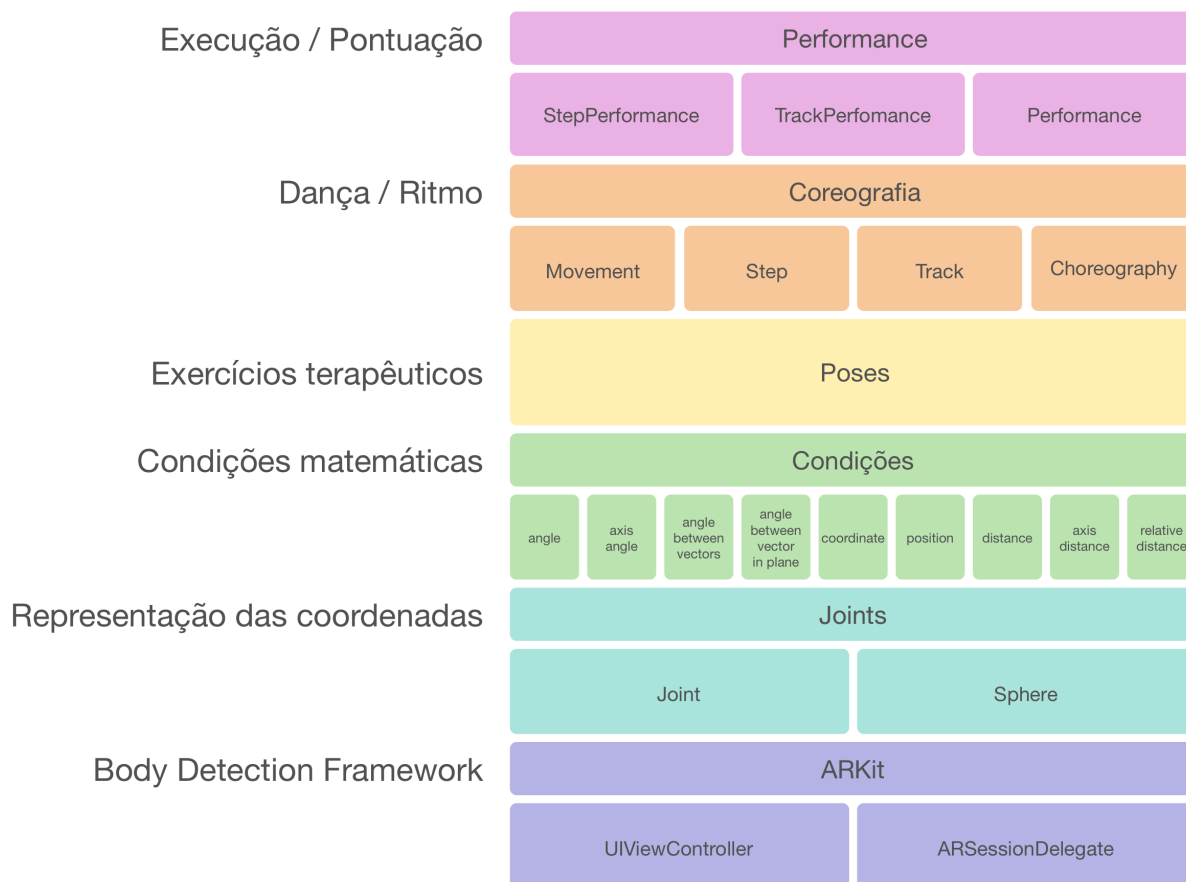
A terceira camada é responsável pelas condições matemáticas dos *joints*. São realizados cálculos considerando as coordenadas tridimensionais dos pontos detectados no paciente.

Na quarta camada são definidas as poses. Poses são conjuntos de condições matemáticas. Essa camada realiza a “tradução” entre essas condições e as poses dos exercícios definidos pelos fisioterapeutas.

A quinta camada abriga as classes que compõem a coreografia. Nessa camada as poses são organizadas em sequência lógica e em função do tempo, em conformidade com o ritmo da coreografia desenvolvida.

A sexta e última camada é a camada de execução da coreografia. Representa o momento em que o paciente está jogando. Essa camada captura os movimentos executados, calcula a pontuação e exibe os resultados ao jogador.

Figura 51. Diagrama de camadas do sistema.



Fonte: autor, 2021.

5.2. ELABORAÇÃO DO DOCUMENTO DO PROJETO DO JOGO

O Documento do Projeto do Jogo ou *Game design document* (GDD) é um documento altamente descritivo. Contém informações relevantes do *design* do jogo, tais como: temática, mecânicas, plataformas e níveis de dificuldade. O GDD é considerado um mapa do projeto, serve como guia para tomada de decisões e facilita a comunicação entre as pessoas envolvidas no desenvolvimento do projeto.

Não existe um formato padrão ou diretrizes únicas para a elaboração de um GDD, pois cada jogo apresenta necessidades específicas. Os tópicos a seguir foram abordados na elaboração do GDD do presente projeto: Visão Geral, Jogabilidade, Controles, Câmera, Ambientação do Jogo e Interface.

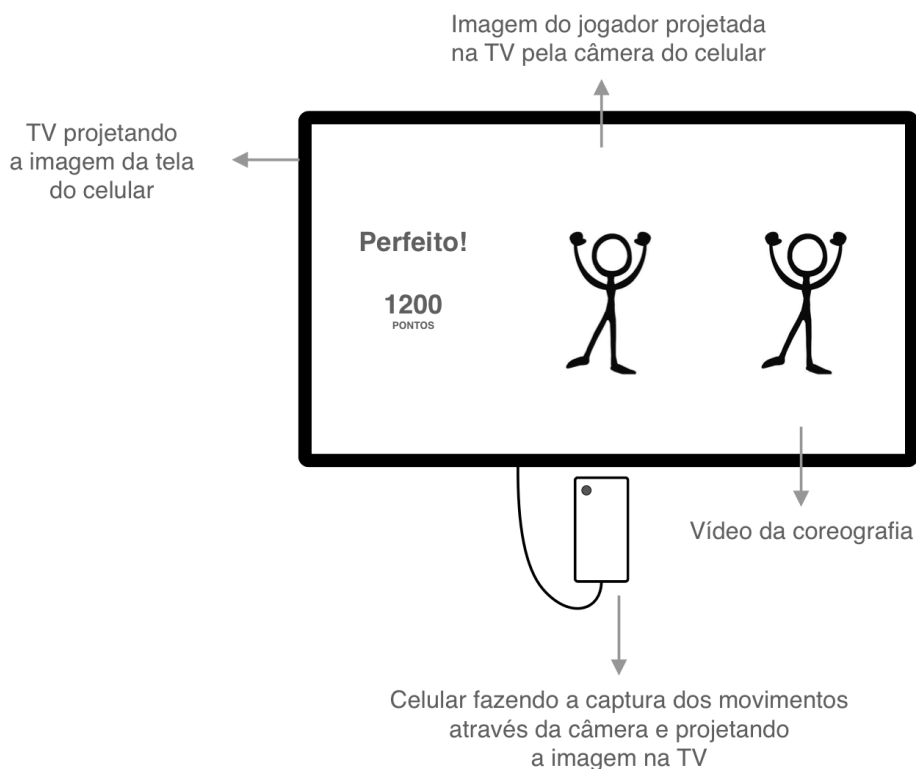
5.2.1. Visão Geral

Trata-se de um jogo sério para celular, com a temática de dança, desenvolvido para auxiliar na reabilitação motora de pessoas vítimas de AVC. Os movimentos propostos ao jogador têm como base movimentos executados em terapias aplicadas na neuroreabilitação e foram desenvolvidos por profissional da fisioterapia com experiência em reabilitação motora por meio da dança.

O jogo utiliza a câmera do celular para fazer a captura da imagem e movimentos do jogador. Durante a utilização do jogo, o celular deve ser posicionado de forma que a câmera traseira fique apontada para o espaço onde o jogador realizará a atividade. A tela do celular deve ser projetada em uma TV para que o jogador possa visualizar a interface do jogo enquanto o realiza – Figura 52.

Durante a partida o jogador deve reproduzir os movimentos da coreografia exibida no vídeo para marcar pontos. Os dados da sessão ficam armazenados para que o jogador possa observar seu progresso.

Figura 52. Esboço dos componentes do jogo.



Fonte: autor, 2021.

5.2.2. Jogabilidade

O jogador deverá reproduzir uma coreografia apresentada em vídeo para marcar pontos. Quanto mais precisos e sincronizados com a coreografia forem seus movimentos, maior a pontuação obtida ao final da partida.

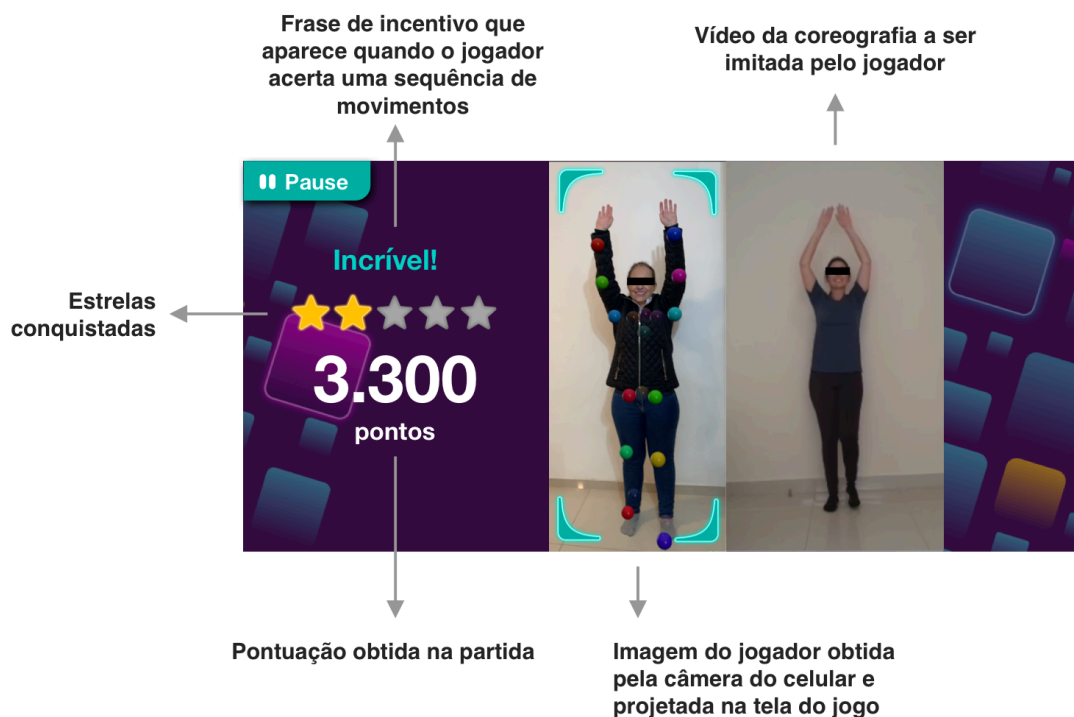
Quando o jogador consegue realizar uma sequência de três movimento bem-sucedidos o jogo apresenta frases de incentivo ao participante, como “Excelente”, “Continue assim” e “Incrível”.

Conforme o jogador avança na pontuação, cinco estrelas são exibidas na tela e acendem proporcionalmente aos pontos atingidos. É possível, ao término do jogo, detectar nenhuma, algumas ou todas as estrelas acesas. Os elementos da interface do jogo podem ser observados na Figura 53.

Quando o vídeo da coreografia termina, a partida é encerrada automaticamente. A pontuação final do jogador é a pontuação total obtida durante a realização da coreografia.

O jogo não concede vitória ou derrota. O jogador compete apenas com ele mesmo e investe em se superar com melhor pontuação a cada partida. A pontuação obtida é salva no final de cada jogada e um gráfico com as últimas pontuações é exibido para que o jogador possa observar seu desempenho e progresso.

Figura 53. Elementos da interface do jogo.



Fonte: autor, 2021.

5.2.3. Controles

Durante a execução do jogo o sistema faz o controle com base na leitura dos movimentos de braços, pernas e tronco executados pelo jogador em frente à câmera do celular.

Os elementos de interface, como botões, switches e rolagem de listas são acionados por meio do toque direto e swipes (deslizes) na tela do celular.

5.2.4. Câmera

No momento da partida o jogador visualiza a tela dividida em 3 partes. Na primeira parte são exibidos os elementos da interface do usuário, como pontuação, estrelas conquistadas, frases de incentivo e botão de *pause*. Na segunda parte, no centro da tela, o jogador observa sua própria imagem obtida pela câmera do celular. Idealmente o celular deve ser posicionado próximo a TV para que o jogador observe sua imagem como em um espelho. A imagem obtida pelo celular é invertida no eixo horizontal para que o jogador visualize sua imagem como se a visse em um espelho.

Na terceira parte da tela é exibida a coreografia. O vídeo da coreografia é gravado com a câmera em posição fixa, mostrando a coreógrafa de frente, sempre aparecendo de corpo inteiro. A Figura 53 mostra a visualização da interface do jogo.

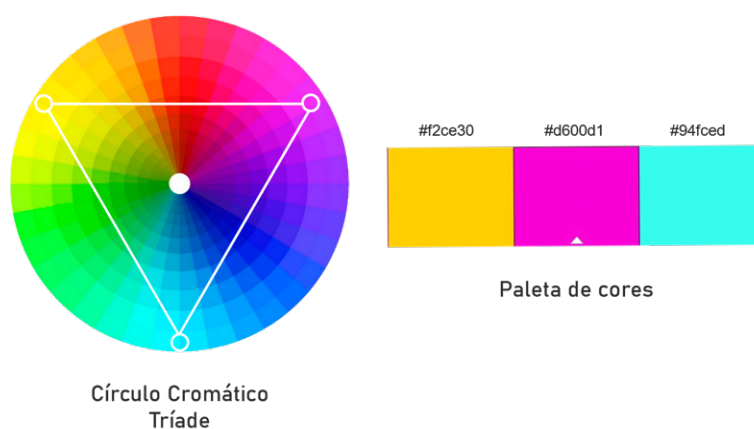
5.2.5. Ambientação do Jogo

Por se tratar de um jogo de dança, foram selecionadas cores vibrantes com tom de neon para compor a paleta de cores do jogo, pois remetem a pistas de dança e criam um ambiente mais alegre e empolgante. A paleta de cores escolhida para compor a interface do jogo pode ser observada na Figura 54.

As interfaces são sempre coloridas e com alto contraste entre os elementos da interface e o background.

As músicas devem ser sempre alegres, cujos ritmos estimulem a dança.

Figura 54. Paleta de cores da interface.

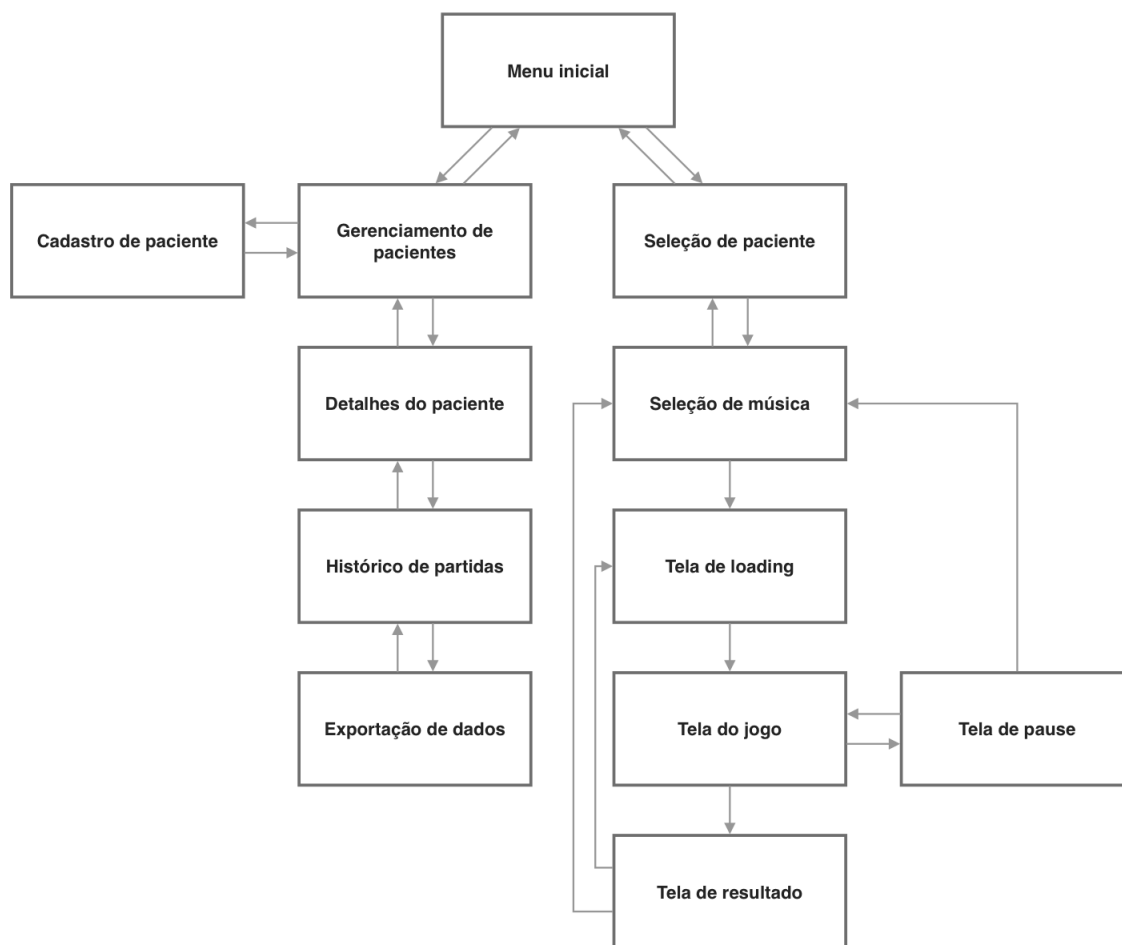


Fonte: autor, 2021.

5.2.6. Interface

As telas do jogo compõem-se de duas áreas principais: Área do Fisioterapeuta e Área do paciente. Na Área do Fisioterapeuta encontram-se as funcionalidades de configurações do jogo, como cadastro de jogadores e exportação de dados das partidas. Na área do Paciente estão as funcionalidades de seleção da música, seleção do jogador, o próprio jogo e tela de resultado das partidas. A Figura 55 mostra o diagrama de fluxo de telas do sistema.

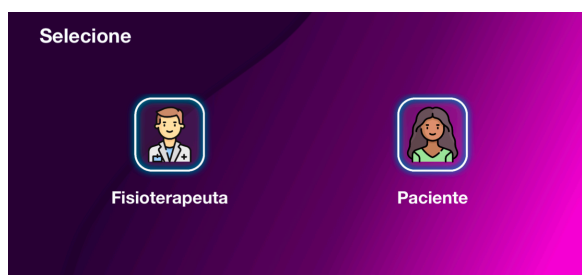
Figura 55. Diagrama de fluxo de tela.



Fonte: autor, 2021.

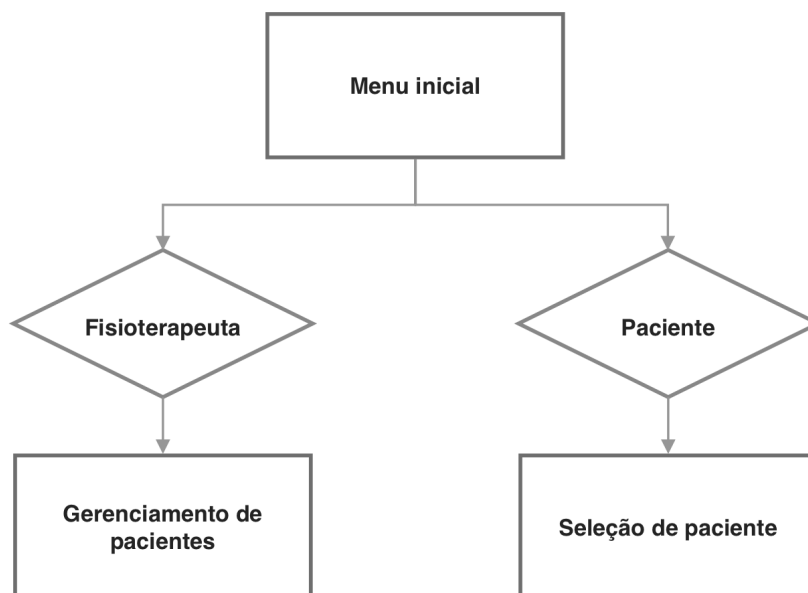
- Menu: A tela do menu inicial apresenta o botão “Fisioterapeuta” para navegar para a área do fisioterapeuta e o botão “Paciente” para navegar para a área do paciente. A Figura 56 representa a interface do menu principal e a Figura 57 representa o diagrama de fluxo dessa mesma tela.

Figura 56. Tela do menu principal do aplicativo.



Fonte: autor, 2021.

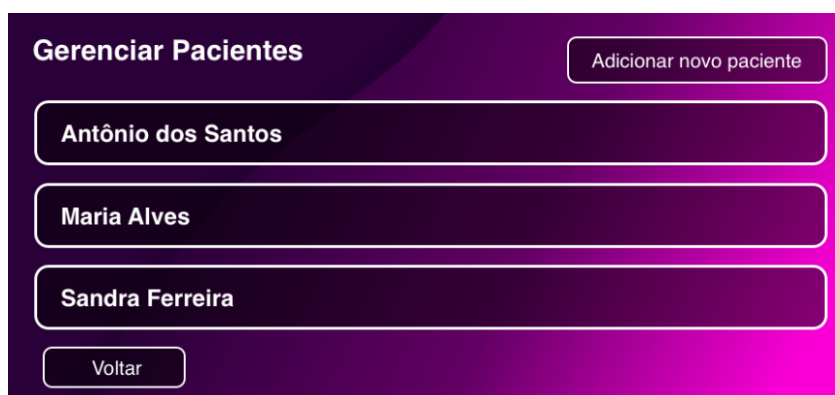
Figura 57. Diagrama de fluxo da tela do menu principal.



Fonte: autor, 2021.

- Gerenciamento de Pacientes: Na tela de gerenciamento de pacientes o fisioterapeuta observa a lista com todos os pacientes já cadastrados (Figura 58). Tocando sobre o nome de um paciente o sistema apresenta a tela de detalhes desse paciente selecionado. Na tela também há o botão “Adicionar novo paciente” para ir à tela de cadastro que o insere (Figura 60), e o botão “Voltar” para retornar à tela do menu inicial (Figura 56).

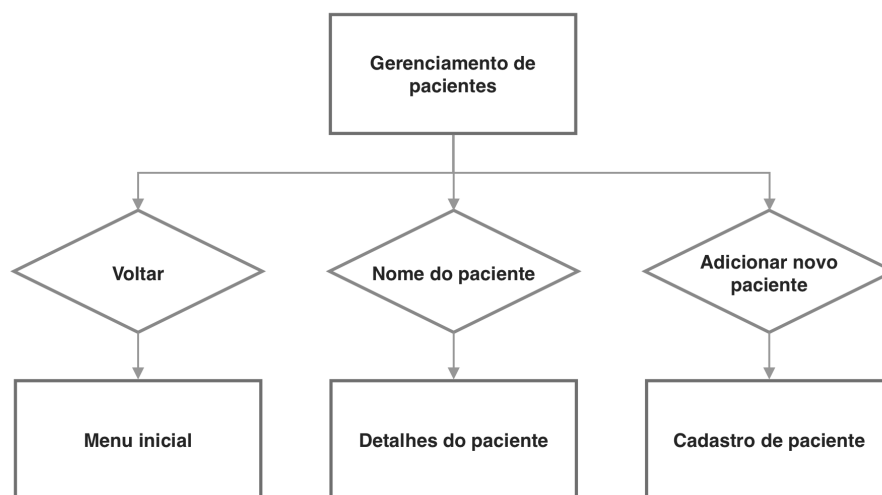
Figura 58. Tela de gerenciamento de pacientes.



Fonte: autor, 2021.

A Figura 59 representa o diagrama de fluxo da tela de gerenciamento de pacientes.

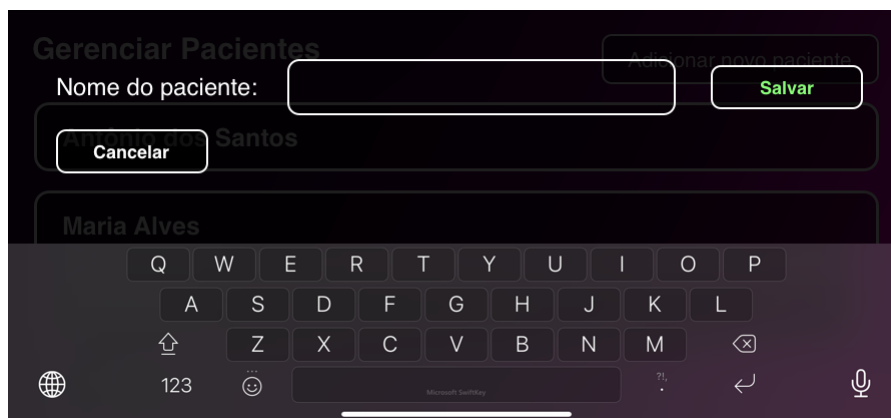
Figura 59. Diagrama de fluxo da tela de gerenciamento de pacientes.



Fonte: autor, 2021.

- Cadastro de Pacientes: Na tela de cadastro de paciente o sistema exibe o teclado para que o fisioterapeuta digite o nome do paciente a ser cadastrado (Figura 60). Tocando sobre o botão “Salvar” o sistema salva o novo paciente cadastrado e retorna à tela de gerenciamento de paciente (Figura 58). Tocando sobre o botão “Cancelar” o sistema também retorna à tela de gerenciamento de paciente, porém sem criar o registro do novo paciente.

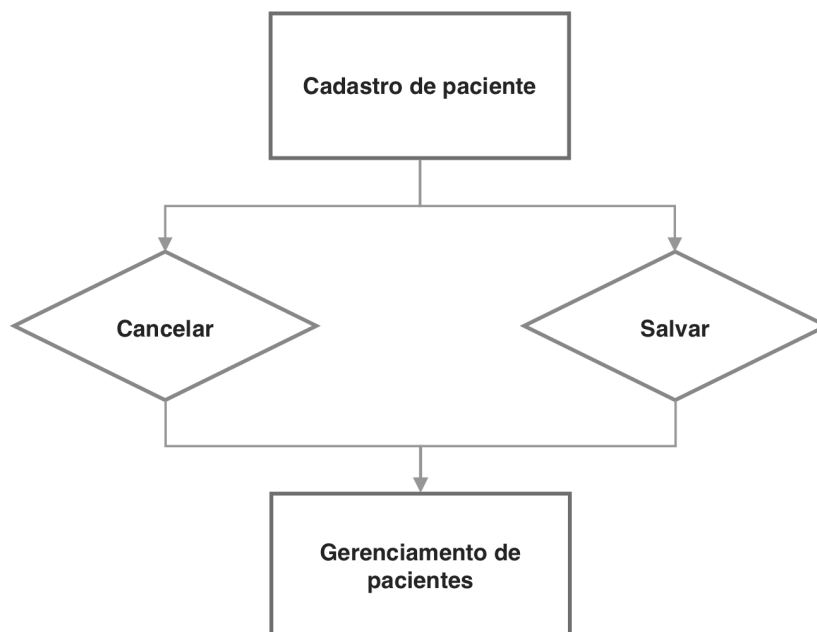
Figura 60. Tela de cadastro de paciente.



Fonte: autor, 2021.

A Figura 61 mostra o diagrama de fluxo da tela de cadastro de paciente.

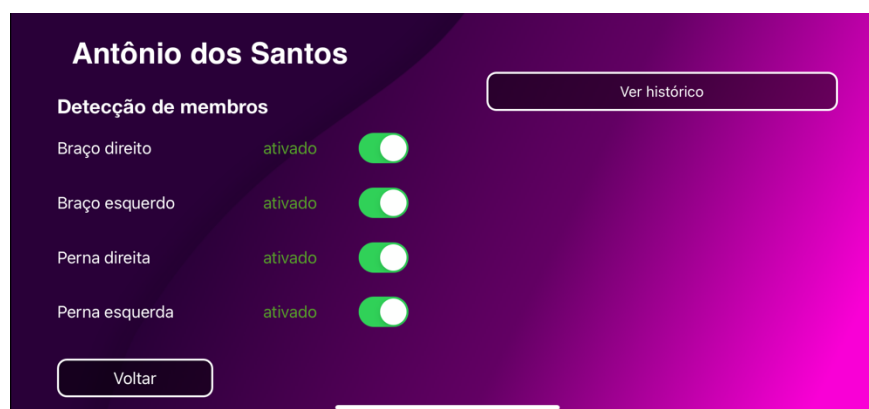
Figura 61. Diagrama de fluxo da tela de cadastro de paciente.



Fonte: autor, 2021.

- **Detalhes do Paciente:** Na tela de detalhes do paciente (Figura 62) o fisioterapeuta pode habilitar e desabilitar a detecção dos membros do paciente conforme a necessidade. Dessa tela o usuário pode navegar para a tela de histórico de partidas (Figura 64) acionando o botão “Ver histórico” ou retornar para a tela de Gerenciamento de paciente (Figura 58) tocando o botão “Voltar”.

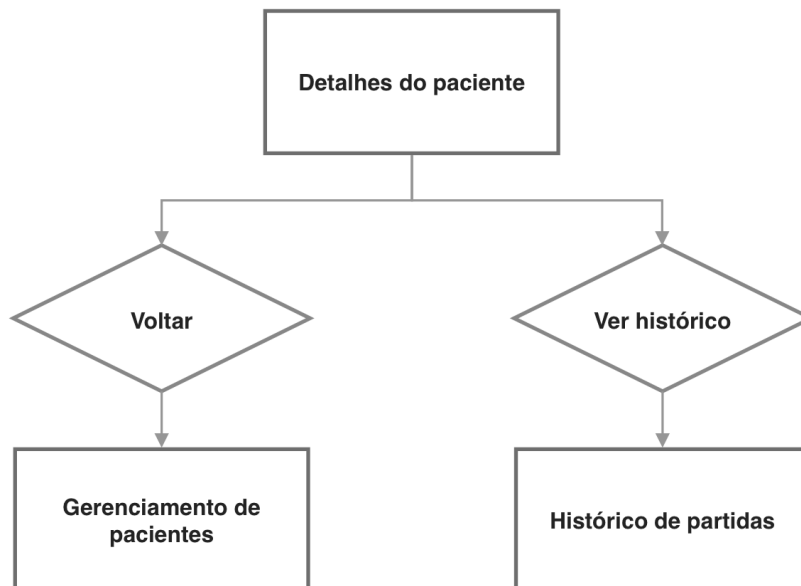
Figura 62. Tela de detalhes do paciente.



Fonte: autor, 2021.

A Figura 63 mostra o diagrama de fluxo da tela de detalhes do paciente.

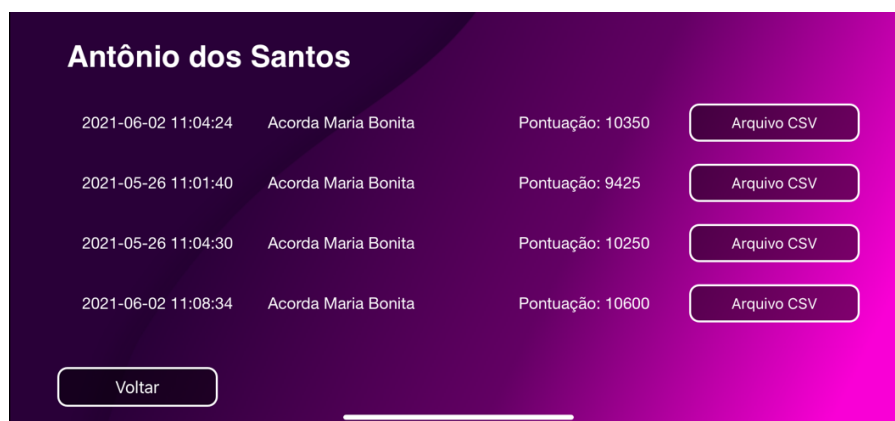
Figura 63. Diagrama de fluxo da tela de detalhe do paciente.



Fonte: autor, 2021.

- **Histórico de Partidas:** Na tela de Histórico de partidas o fisioterapeuta observa a lista com todas as partidas já jogadas pelo paciente, conforme a Figura 64. Para cada item, visualiza-se a data, hora, nome do paciente, pontuação obtida. Os botões “Arquivo CSV” acessam a tela de exportação de dados (Figura 66). O fisioterapeuta pode retornar à tela de detalhes do paciente (Figura 62) por meio do botão “Voltar”.

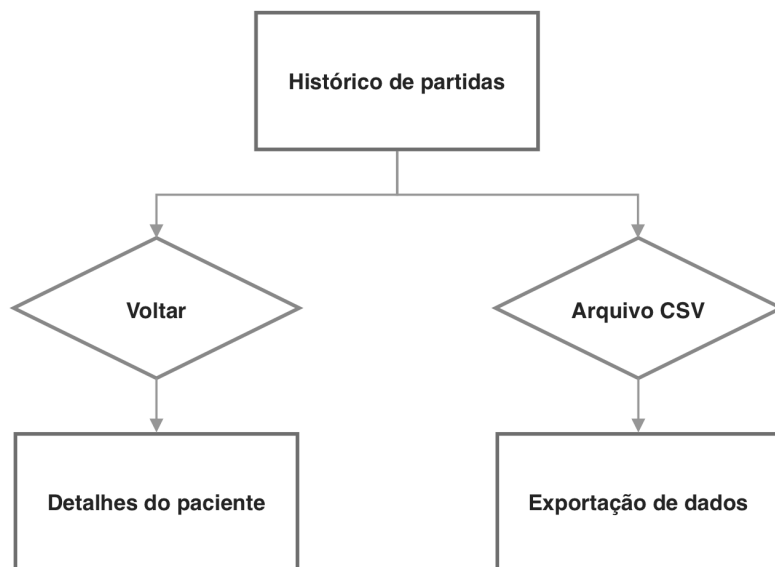
Figura 64. Tela de histórico de partidas do paciente.



Fonte: autor, 2021.

A Figura 65 mostra o diagrama de fluxo da tela de histórico de partidas do paciente.

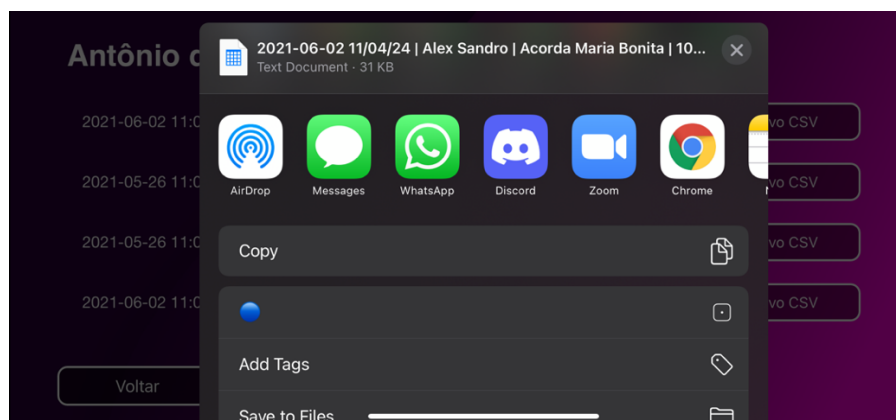
Figura 65. Diagrama de fluxo da tela de histórico de partidas.



Fonte: autor, 2021.

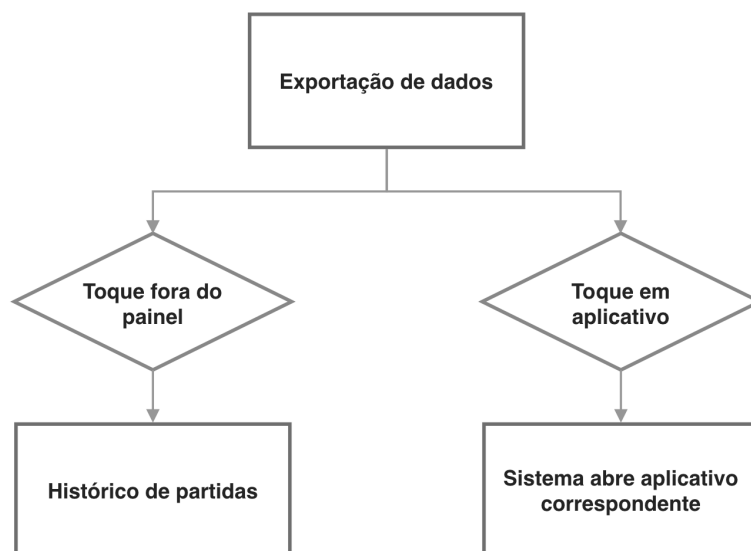
- **Exportação de Dados:** A tela de exportação de dados é exibida sobre a tela de histórico de partidas. O sistema apresenta as possibilidades de compartilhamento de arquivos como, por exemplo, envios por e-mail, Bluetooth ou aplicativos de mensagem direta. Tocando sobre as opções de compartilhamento o sistema abre o aplicativo correspondente. Tocando fora do painel o usuário retorna para a tela de histórico de partidas. A Figura 66 representa a tela de exportação de dados e a Figura 67 representa o diagrama de fluxo dessa mesma tela.

Figura 66. Tela de exportação de dados.



Fonte: autor, 2021.

Figura 67. Diagrama de fluxo da tela de exportação de dados.



Fonte: autor, 2021.

A **Erro! Fonte de referência não encontrada.** mostra um pequeno recorte de um arquivo CSV exportado pelo sistema.

Tabela 3: Recorte de arquivo CSV exportado pelo sistema.

tempo (s)	membro	Movimento	classificação
19.275	Braço direito	flexão de ombro	100%
19.275	Braço esquerdo	flexão de ombro	25%
21.966	Perna esquerda	passo para frente	100%
22.199	Braço direito	abdução de ombro + adução horizontal de ombro + flexão de cotovelo	75%
22.930	Perna direito	passo para frente	100%
23.229	Braço esquerdo	abdução de ombro + adução horizontal de ombro + flexão de cotovelo	0%

Fonte: autor, 2021.

O arquivo CSV compõe-se de quatro colunas. A primeira coluna mostra o tempo em segundos e fração de segundos desde o início da coreografia; a segunda coluna mostra o membro ao qual o movimento está associado; a terceira coluna apresenta a descrição do movimento e a quarta coluna registra o intervalo da amplitude que o paciente atingiu na execução do movimento. Esse dado foi desenvolvido em conjunto com Fisioterapeutas e encontra-se descrito em maiores detalhes no item 4.4 Algoritmos de detecção de movimentos. Nesse exemplo está um recorte de aproximadamente quatro segundos da coreografia. O arquivo inteiro corresponde aos 2 minutos de música e contém 158 registros, ou seja, um registro para cada *step* definido pela coreografia.

- **Seleção de Paciente:** A tela de seleção de paciente (Figura 68) é exibida quando o usuário toca sobre o botão “Paciente” na tela do menu inicial (Figura 56). Nessa tela é exibida a lista de pacientes cadastrados no sistema para que o usuário selecione qual paciente está jogando. É possível retornar à tela do menu inicial tocando sobre o botão “Voltar”.

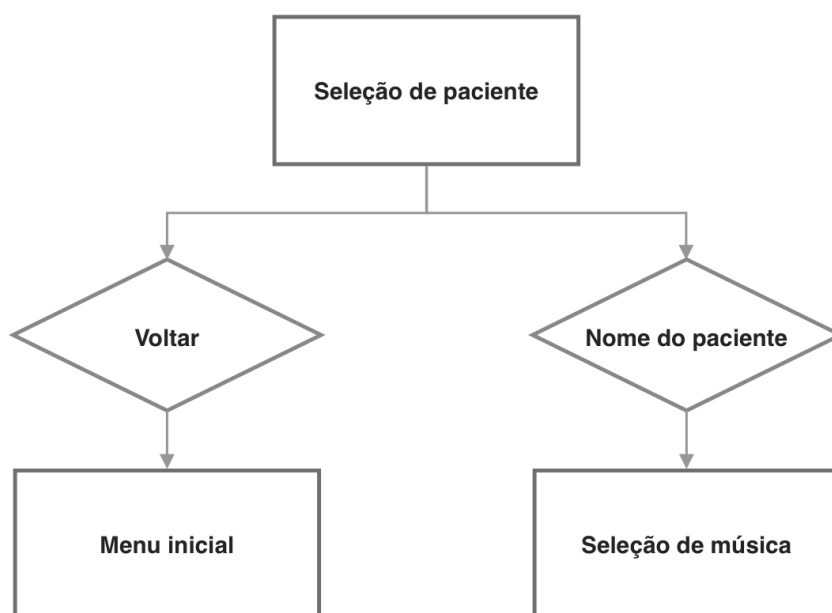
Figura 68. Tela de seleção de paciente.



Fonte: autor, 2021.

A Figura 69 representa o diagrama de fluxo da tela de seleção de paciente.

Figura 69. Diagrama de fluxo da tela de seleção de paciente.



Fonte: autor, 2021.

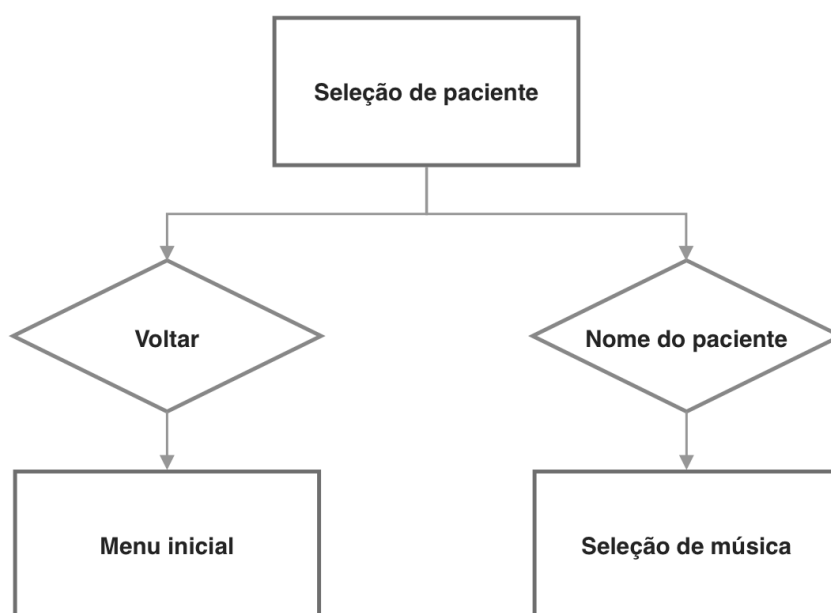
- **Seleção de Música:** Nessa tela o usuário seleciona a música com a qual quer jogar. Tocando sobre a música na lista à esquerda aparecem os detalhes da música na parte direita da tela. Depois de selecionar a música o usuário pode avançar para a tela de *loading* (Figura 72) tocando sobre o botão “Jogar” ou retornar à tela de seleção do paciente (Figura 68) tocando sobre o botão “Voltar”. A Figura 70 representa a tela de seleção de música e a Figura 71 representa o diagrama de fluxo dessa tela.

Figura 70. Tela de seleção de música.



Fonte: autor, 2021.

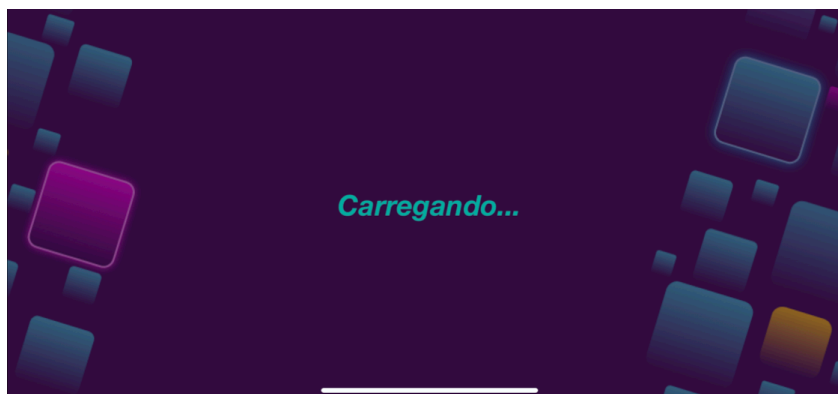
Figura 71. Diagrama de fluxo da tela de seleção de música.



Fonte: autor, 2021.

- **Tela de Loading:** A tela de *loading* (Figura 72) não tem interação com o usuário, ela é exibida enquanto o jogo é carregado e exibe automaticamente a tela do jogo (Figura 74) assim que termina de carregar. A tela apenas mostra a mensagem “Carregando...”

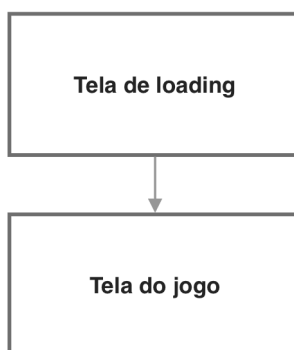
Figura 72. Tela de *loading* do jogo.



Fonte: autor, 2021.

A Figura 73 representa o diagrama da tela de *loading* do jogo.

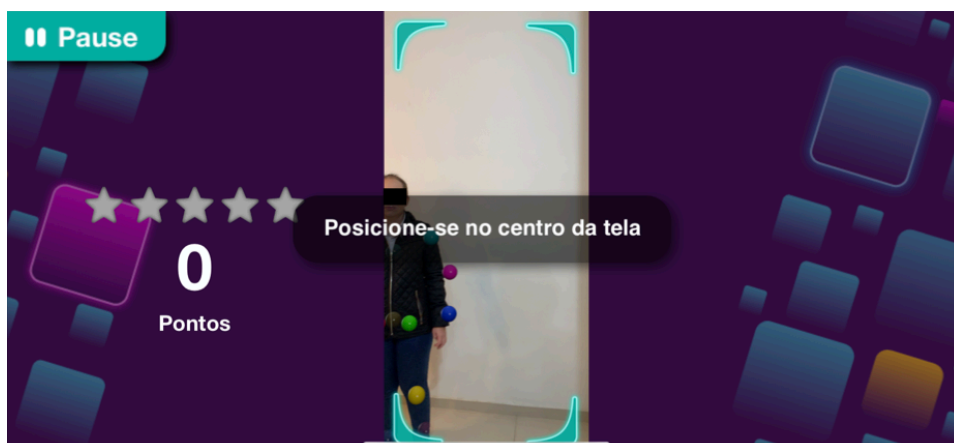
Figura 73. Diagrama de fluxo da tela de *loading*.



Fonte: autor, 2021.

- Tela do Jogo: Nessa tela, basicamente o jogador interage com o sistema por meio de movimentos corporais. Inicialmente o sistema exibe uma mensagem com instrução para que o jogador se posicione no centro da tela, conforme se observa na Figura 74.

Figura 74. Tela do jogo – Instruções iniciais.



Fonte: autor, 2021.

Após o sistema reconhecer o jogador diante da câmera do celular, o jogo exibe uma mensagem com a instrução para que o jogador levante um dos braços quando estiver pronto para iniciar a partida (Figura 75).

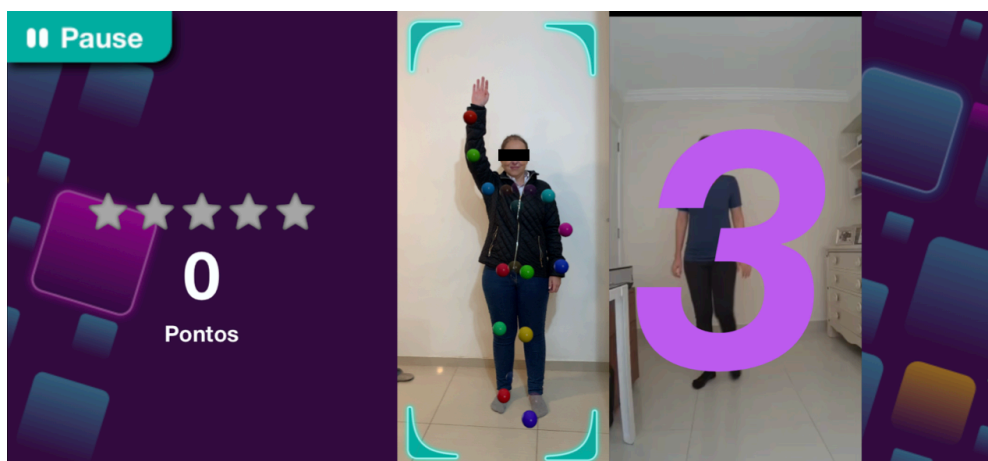
Figura 75. Tela do jogo – Instruções para iniciar a partida.



Fonte: autor, 2021.

Quando o jogador levanta um dos braços o sistema inicia uma contagem regressiva de 3 segundos (Figura 76). Também é possível iniciar a contagem regressiva tocando sobre o botão “Começar”, localizado no canto superior direito da tela.

Figura 76. Tela do jogo – Contagem regressiva.

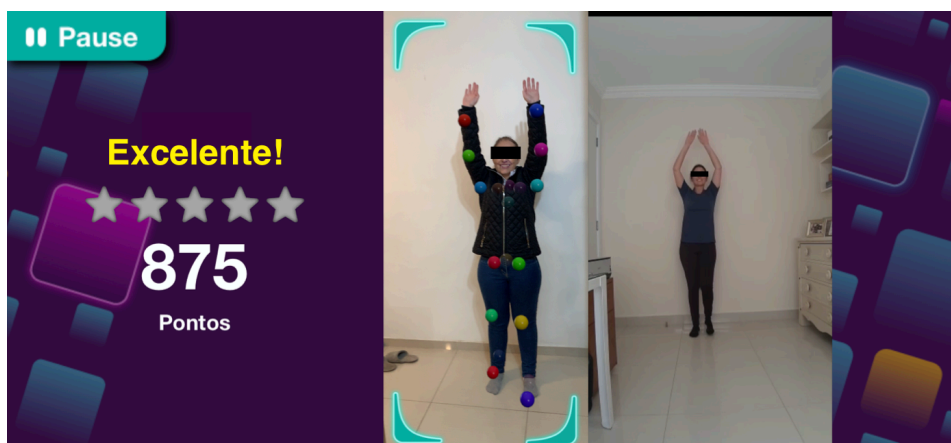


Fonte: autor, 2021.

No final da contagem regressiva o jogo é iniciado automaticamente. Nesse momento o vídeo com a coreografia e a música iniciam e o sistema começa a monitorar os movimentos do jogador. O jogador deve imitar os movimentos da coreografia para somar pontos. Para cada passo da coreografia o aplicativo calcula a pontuação em tempo real e a exibe na tela. Na pontuação são consideradas as amplitudes que o paciente atinge em cada movimento. Quando a amplitude máxima é atingida o jogador ganha 100 pontos, para amplitudes menores como 75%, 50% e 25% a pontuação é calculada proporcionalmente, ou seja, 75, 50 e 25 pontos. Essas porcentagens não são exibidas ao jogador. Considerando que cada paciente pode apresentar sua própria amplitude máxima, ele estará sempre competindo consigo mesmo. Tentará elevar sua pontuação a cada partida, sem tentar atingir 100% da pontuação máxima possível no jogo, o que muitas vezes pode ser uma meta inatingível e desmotivadora.

Sempre que o jogador realiza uma sequência bem-sucedida de 3 movimentos aparece uma mensagem de incentivo como “Incrível”, “Muito bem” ou outras. As estrelas localizadas acima da pontuação acendem conforme o jogador acumula pontos. Ao atingir 16% da pontuação máxima possível a primeira estrela aparece; ao atingir 32% aparece a segunda e assim por diante até o máximo de 5 estrelas acesas, quando o jogador atinge 80% da pontuação máxima possível na partida. A Figura 77 representa a tela do jogo durante a execução da coreografia.

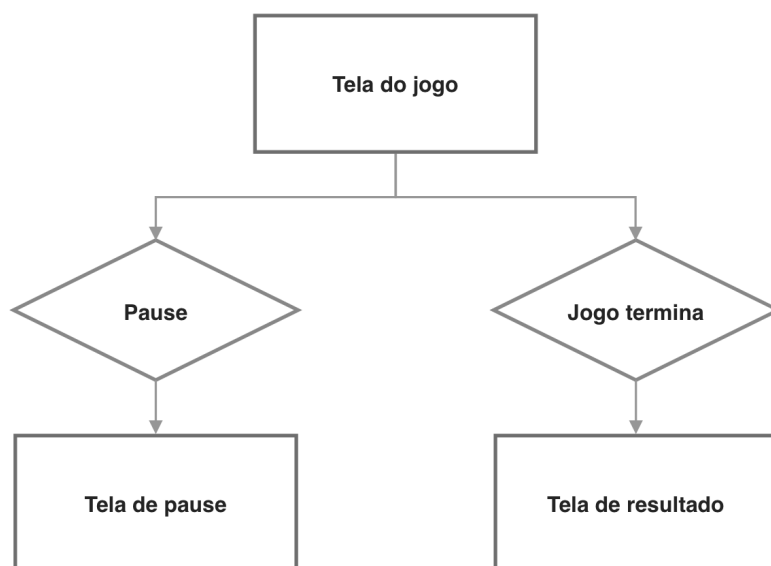
Figura 77. Tela do jogo – Execução da coreografia.



Fonte: autor, 2021.

Em qualquer momento durante o jogo é possível tocar sobre o botão “Pause” para interromper a partida e exibir a tela de *pause*. Assim que a coreografia termina, o jogo exibe automaticamente a tela de resultado.

A Figura 78 representa o diagrama de fluxo da tela de jogo.

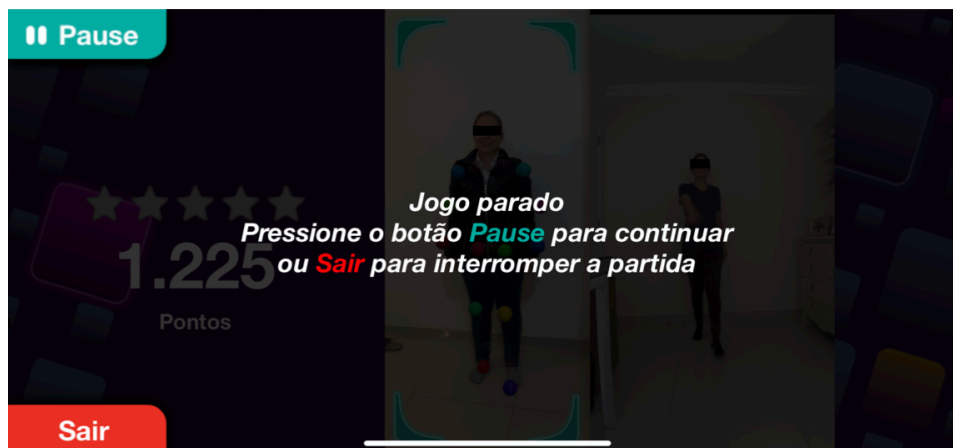


Fonte: autor, 2021.

- Tela de *Pause*: A tela de *pause* (Figura 79) é exibida quando o jogador toca sobre o botão “*Pause*” na tela do jogo. Nessa tela é possível retornar ao jogo

tocando novamente sobre o botão “*Pause*” ou retornar à tela de seleção de música (Figura 70) tocando sobre o botão “*Sair*”.

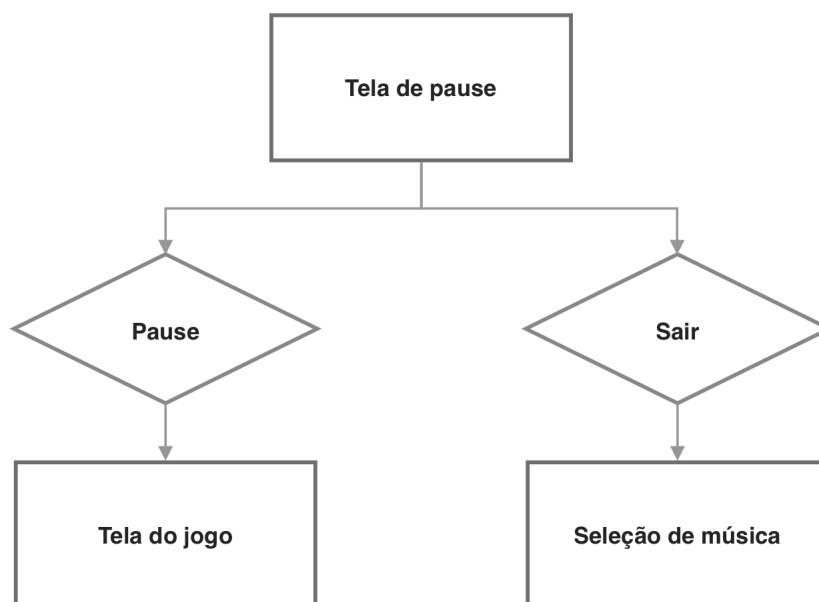
Figura 79. Tela de *pause*.



Fonte: autor, 2021.

A Figura 80 representa o diagrama da tela de *pause*.

Figura 80. Diagrama de fluxo da tela de *pause*.



Fonte: autor, 2021.

- Tela de Resultado: A tela de resultado (Figura 81) é exibida automaticamente quando o jogo termina. Nela o jogador vê sua pontuação total da partida e sua pontuação por membro do corpo. Além das pontuações também é exibida uma

frase de incentivo como “Excelente”, “Parabéns” ou outras. Também aparecem as estrelas que o jogador conquistou e um gráfico com as últimas pontuações obtidas. O jogador tem a opção de erguer um braço para o sistema iniciar uma nova partida ou tocar sobre o botão “Voltar” para retornar à tela de seleção de música (Figura 70).

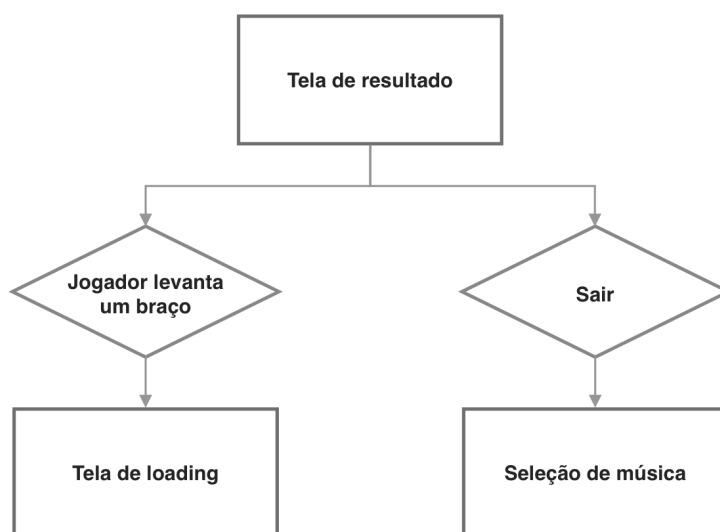
Figura 81. Tela de resultado.



Fonte: autor, 2021.

A Figura 82 representa o diagrama de fluxo da tela de resultado da partida.

Figura 82. Diagrama de fluxo da tela de resultado.



Fonte: autor, 2021.

5.3. RESULTADO DA ANÁLISE DE USABILIDADE

Em relação ao questionário de usabilidade, 10 participantes preencheram as questões e as respostas estão descritas na Tabela 4. Pode-se observar média de 93,5, o que indica resultado satisfatório sobre o jogo avaliado.

Os 10 itens citados correspondem às afirmações do questionário de usabilidade (SUS) validado em Língua Portuguesa, e estão descritos na Tabela 1 (Item 3.12.1).

Tabela 4: Descrição das respostas fornecidas no questionário de usabilidade aplicado.

	S	M	A	A/S	E	E/ER	A	E	S	A	
	Item 1	Item 2	Item 3	Item 4	Item 5	Item 6	Item 7	Item 8	Item 9	Item 10	RESULTADO
T1	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	97,5
T2	3	1	4	4	3	4	4	4	4	4	87,5
T3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	100
T4	3	3	3	4	3	1	3	4	3	4	77,5
T5	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	97,5
T6	4	4	4	4	4	4	3	3	4	3	92,5
T7	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	100
T8	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	100
T9	4	1	4	4	4	4	4	4	4	4	92,5
T10	4	4	4	3	3	3	4	4	3	4	90
MÉDIA	3,8	3,3	3,9	3,8	3,7	3,6	3,8	3,9	3,7	3,9	93,5
DV	0,4	1,2	0,3	0,4	0,4	0,9	0,4	0,3	0,5	0,3	7,2

De forma geral, os fisioterapeutas sentiram-se confiantes ao utilizarem o aplicativo e o consideraram de fácil manuseio. Responderam ao questionário de usabilidade e deram sugestões de melhorias que podem ser implementadas no jogo. A Tabela 5 mostra as sugestões e a quantidade de fisioterapeutas que deram cada uma das sugestões.

Tabela 5: Sugestões dadas pelos fisioterapeutas.

Sugestões dadas pelos fisioterapeutas	Fisioterapeutas que sugeriram
O jogo poderia ter mais coreografias, separadas por níveis de dificuldade	10
A coreografia poderia ter mais repetições de um mesmo movimento, para que o paciente aprenda bem o movimento antes de praticar outro	4
O jogo poderia ter outras músicas de estilos diferentes	4
As coreografias poderiam indicar quais membros trabalham	2
As coreografias poderiam ter movimentos passivos (integração bilateral)	2
A imagem do vídeo da coreografia poderia ser maior	2
Em níveis mais fáceis, a coreografia poderia trabalhar separadamente braços e pernas	1
A coreografia poderia ser realizada com o paciente de frente para a TV (apenas um plano) nos níveis mais fáceis	1

Poderia haver coreografia com exercícios de sentar-se e levantar-se	1
Poderia haver coreografia com base em Dança Sênior	1
Poderia haver temas infantis (música, interface e coreografia)	1
O vídeo da coreografia poderia ter melhor contraste e foco	1
No menu inicial as áreas poderiam estar divididas entre "Área de Configuração" e "Jogo"	1

Todos os 10 fisioterapeutas que participaram da pesquisa sugeriram que o jogo apresente mais fases, divididas por níveis de dificuldade, e quatro dos participantes sugeriram que os passos sejam mais lentos e contemplem movimentos com mais repetições. Para criar níveis mais fáceis, foi sugerido que, no início da coreografia, os movimentos de braços e pernas sejam bem separados, primeiramente movimentando apenas braços, depois apenas pernas, para só então realizar movimentos combinados de braços e pernas. Sugerem tornar mais fácil a execução para que pacientes com maiores limitações de movimentos acompanhem a proposta.

Foi também sugerido que o jogo apresente outros estilos de dança como, por exemplo, Dança Sênior, e outros estilos de músicas, como valsa e danças regionais. Outras observações feitas pelos fisioterapeutas é que o jogo ofereça coreografias mais específicas para seleção de membros a serem trabalhados e que sejam inseridas coreografias realizadas em posição sentada, uma vez que vários pacientes apresentam limitações para posição em pé. Nesse caso, no vídeo, a coreógrafa estaria sentada durante toda a execução, para que os pacientes se sintam mais inclusos.

Outra sugestão recebida acerca da coreografia é que contemple movimentos com integração bilateral, ou seja, movimentos realizados com o auxílio do membro oposto. Nesses casos o paciente segura sua mão parética com a mão hígida para executar o movimento. A sugestão é que algumas coreografias tenham movimentos que estimulem essa atividade, como, por exemplo, parte da dança realizada com os dedos das mãos entrelaçados, para que um braço auxilie no movimento do outro braço. Também foram sugeridas coreografias com movimento de sentar-se e levantar-se, já que esse é um exercício que os fisioterapeutas costumam trabalhar frequentemente com seus pacientes.

Em relação aos aspectos visuais, foi sugerido que a porção do vídeo onde o paciente visualiza a coreografia seja maior e com mais contraste entre a imagem de

fundo e a coreógrafa. Também foi sugerida a criação de temas infantis como forma de atrair a atenção de crianças que necessitam de fisioterapia.

Sobre a usabilidade do jogo, foi sugerido que no menu principal (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**) sejam trocadas as nomenclaturas e ícones de “Fisioterapeuta” para “Configurações” e “Paciente” para “Jogo”, para que fique mais claro quais funcionalidades estão presentes em cada área do aplicativo.

O jogo apresentou-se como um bom complemento para as sessões de reabilitação motora pós-AVC. Sua utilização é simples e rápida e os pacientes se mostraram motivados durante o período de utilização. O histórico de pontuação e as estrelas apresentadas ao final de cada partida fizeram alguns pacientes desejarem jogar novamente para superar seus próprios recordes.

6. DISCUSSÃO

A primeira versão do protótipo de jogo sério digital *exergame* desenvolvido com base em dançaterapia ainda é relativamente simples e limitada quando comparada aos sistemas e jogos já existentes disponíveis no mercado, porém em seu desenvolvimento foram seguidas as recomendações dos principais autores e desenvolvedores de jogos sérios para reabilitação motora.

O protótipo foi elaborado de forma que fosse possível testar a tecnologia empregada e as principais funcionalidades desenvolvidas para o sistema, portanto alguns requisitos levantados foram priorizados. Optou-se por desenvolver apenas uma coreografia para a primeira versão, e essa decisão foi tomada para que fossem realizados os primeiros testes antes que novas coreografias fossem elaboradas. Assim seria possível elaborar coreografias com base nos *feedbacks* fornecidos pelos fisioterapeutas durante a fase de teste. De fato, várias observações foram feitas acerca da coreografia, como pode ser observado na Tabela 5, no capítulo de resultados. Como consequência, uma das principais sugestões dadas pelos fisioterapeutas foi que o jogo tivesse mais coreografias e com diferentes níveis de dificuldade. Para a próxima versão do jogo, as coreografias já estão sendo desenvolvidas seguindo as sugestões dadas pelos fisioterapeutas.

Pirovano (2016) recomenda que o projeto seja desenvolvido por uma equipe multidisciplinar composta por terapeutas experientes e que uma colaboração sólida deve ser criada entre a equipe clínica e a equipe de desenvolvimento de jogos. Desde o início do desenvolvimento do projeto estabeleceu-se uma parceria muito efetiva entre os membros da equipe e as decisões referentes a aspectos terapêuticos sempre foram tomadas em conjunto com membros da equipe de fisioterapia.

Todos os movimentos realizados pelos pacientes durante a utilização do jogo apresentado são fundamentados pelas premissas da reabilitação neurológica que direcionam os exercícios terapêuticos aplicados em sessões de reabilitação, conforme orienta Burke *et al.* (2009). Um jogo sério não deve desenvolver uma nova terapia de reabilitação pois isso dificultaria a validação da terapia e do jogo sério. É mais adequado usar uma terapia existente como mecanismo de interação com o jogo sério. Em conformidade, destacamos que a coreografia proposta para o jogo, no presente estudo, foi inclusive desenvolvida por profissional fisioterapeuta especialista em

reabilitação neurofuncional e com larga experiência na utilização da dança para reabilitação de pessoas com prejuízos neurológicos. Trabalho este com comprovação científica dos resultados positivos (WITHERS, et al. 2019).

Outra recomendação que alguns autores fazem (PREECE, ROGERS & SHARP, 2011; COOPER, OHNABE & HOBSON, 2007) é que o jogo forneça ao jogador constantes *feedbacks*. É importante que o paciente perceba que seus esforços estão sendo observados e recompensados de alguma maneira. O jogo apresenta frases motivacionais sempre que o paciente consegue realizar sequências de movimentos. A pontuação da partida é atualizada em tempo real para que o jogador receba um retorno imediato aos acertos. Talvez o *feedback* mais importante presente no jogo seja a própria imagem do jogador na tela da TV, pois a imagem na TV funciona como um espelho e pode auxiliar o paciente em sua autopercepção, auxiliando assim na correção de seus movimentos.

Outra funcionalidade comum entre os sistemas disponíveis no mercado, como, por exemplo, o Jintronix (JINTRONIX, 2020) e o IREX (LEE, 2015), é o armazenamento de dados das sessões para que possam ser consultados posteriormente pelo terapeuta. Essa funcionalidade permite que o terapeuta acompanhe o desempenho e o progresso de seus pacientes. O jogo desenvolvido ainda não possui funcionalidades para visualizar e analisar os dados lidos e gravados pelo sistema, mas mantém todos os arquivos gerados armazenados no dispositivo, os quais podem ser facilmente transferidos para um computador via Bluetooth ou Internet. Os arquivos exportados são gerados em formato CSV e podem ser abertos e analisados em programas de planilhas como Excel e Planilhas Google.

Por questões de escopo e segurança, a primeira versão do protótipo também não contempla funcionalidades para que o paciente utilize o aplicativo de forma autônoma em seu domicílio. O jogo não foi disponibilizado para os pacientes, todos os testes foram realizados dentro do hospital, com acompanhamento de fisioterapeutas. Por essa razão o sistema ainda não possui nenhum tipo de trava para limitar as atividades desenvolvidas pelos pacientes. Na versão atual do jogo o fisioterapeuta deve conhecer a coreografia e as necessidades de seus pacientes para recomendar ou não a atividade a ser realizada.

Outra funcionalidade observada no levantamento de requisitos se refere à necessidade de adaptação do jogo conforme as necessidades dos pacientes. Sistemas como o SeeMe (SEE ME, 2021) possuem funcionalidades de ativar e

desativar a detecção de membros conforme as condições dos pacientes. Em se tratando desse requisito o jogo desenvolvido também apresenta tal funcionalidade. Ativar e desativar a detecção de membros específicos altera a maneira como a pontuação do jogo é contada, dessa forma, o fisioterapeuta pode configurar o jogo conforme a condição do seu paciente, possibilitando que este atinja a pontuação máxima.

Além de ativar e desativar a detecção de membros específicos, o sistema SeeMee (SEE ME, 2021) também permite ao terapeuta alterar alguns parâmetros do jogo conforme a amplitude máxima que o paciente alcança. Essa funcionalidade também é importante para manter a motivação do jogador, pois pode ser frustrante para o paciente não conseguir completar uma tarefa por causa de suas limitações. Para suprir essa necessidade, no presente protótipo de jogo sério digital *exergame*, os movimentos da coreografia foram segmentados em movimentos equivalentes, porém com menores amplitudes. Então, mesmo que o paciente não alcance a amplitude máxima desejada ele pode alcançar amplitudes parciais do movimento. Os valores parciais ficam armazenados junto aos dados da sessão e podem ser consultados posteriormente pelo terapeuta. Para o paciente, os valores da amplitude não são revelados, apenas são exibidas as pontuações totais. Dessa forma o paciente compete apenas com ele mesmo e tenta superar seus próprios recordes. Conforme o paciente avança com o tratamento e consegue atingir amplitudes maiores, naturalmente sua pontuação na partida aumenta também. Dessa forma seu esforço é notado e recompensado.

Uma recomendação de Pirovano (2016) que ainda não foi implementada no jogo desenvolvido são as ferramentas que permitam aos terapeutas criar agendas para seus pacientes e acompanhar, remotamente e de forma assíncrona, as suas atividades. Observa-se que tais ferramentas dão ao paciente muito mais autonomia em sua reabilitação, pois não dependem diretamente do terapeuta em todas as atividades. As sessões, por sua vez, podem ser realizadas em suas próprias casas. Tais ferramentas ainda não foram desenvolvidas por não constituírem prioridade nessa etapa do desenvolvimento do projeto.

Um dos fatores que motivou o desenvolvimento desse projeto é o fato de que o protótipo é um aplicativo para celular. Esse fator torna o produto muito mais portátil e de fácil utilização. Tal praticidade foi um dos aspectos que mais chamou a atenção dos fisioterapeutas durante a fase de testes, pois não há necessidade de conectar

sensores aos computadores, assim como não é necessário fixar marcadores nos pacientes ou utilizar controladores como joysticks.

6.1. TRABALHOS FUTUROS

Com os resultados da primeira fase de testes, a equipe iniciará a segunda fase de desenvolvimento do aplicativo. Na segunda fase serão implementadas novas músicas e coreografias, para tornar o jogo ainda mais interessante e motivador. Serão criados ao menos três diferentes níveis de dificuldade, fácil, médio e difícil. Coreografias de nível fácil serão mais lentas, com bastante repetição, sem movimentos combinados e executadas em apenas um plano, ou seja, a pessoa ficará sempre posicionada de frente para a televisão. Em coreografia de nível médio serão contemplados movimentos combinados, ou seja, movimentos simultâneos realizados pelos braços e pernas. Em coreografia de nível difícil serão realizados movimentos de transferência de peso, troca de plano e movimentos combinados.

Também pretende-se criar coreografias para serem realizadas com a pessoa sentada, coreografias com movimentos de sentar-se e levantar-se e coreografias com movimentos de integração bilateral, conforme sugerido pelos fisioterapeutas.

Serão também implementadas novas funcionalidades para o jogo. Cada fisioterapeuta poderá criar seu próprio perfil e cadastrar seus próprios pacientes. Será desenvolvido um servidor para armazenamento dos dados obtidos durante as sessões, de modo que as informações sejam mantidas de forma segura e possam ser acessadas facilmente pelos fisioterapeutas responsáveis.

O estudo de validação dos dados biomecânicos lidos pelo sistema não pôde ser executado durante a realização desse trabalho, em decorrência da pandemia de COVID-19. No entanto, foi iniciado recentemente. Elaborou-se um planejamento detalhado para realizar sessões de coletas de dados no Laboratório de Motricidade Humana (LAHM) da PUCPR. Os movimentos realizados por sujeitos nas sessões de coleta serão capturados simultaneamente pelos sistemas: VICON, considerado padrão ouro; e IOS, presente no aplicativo desenvolvido. Os dados obtidos serão comparados para que seja possível detectar o grau de confiabilidade das informações lidas pelos dois sistemas.

7. REFERÊNCIAS

- ADA, L; DORSCH, S & CANNING, CG. Strengthening interventions increase strength and improve activity after stroke: A systematic review. **Australian Journal of Physiotherapy**, v. 52(4), p. 241-248, 2006.
- ALCOVER, EA; JAUME-I-CAPÓ, A & MOYÀ-ALCOVER, B. PROGame: A process framework for serious game development for motor rehabilitation therapy. **PLoS ONE**, v. 13, 2018.
- ANDERSON, F; ANNETT, M & BISCHOF, WF. Lean on Wii: physical rehabilitation with virtual reality Wii peripherals. **Studies in Health Technology and Informatics**, v. 154, p. 229-234, 2010.
- ARAÚJO, RC & BARBOSA, MP. Efeito da fisioterapia convencional e do feedback eletromiográfico associados ao treino de tarefas específicas na recuperação motora de membro superior após acidente vascular encefálico. **Motricidade**, v. 9(2), p. 23-36, 2013.
- AZURE. AZURE KINECT DK – Microsoft Azure. 2021. Disponível em: <https://azure.microsoft.com/pt-br/services/kinect-dk/>. Acesso em: 15 jul. 2021.
- BANGOR, A; KORTUM, PT & MILLER, JT. Determining what individual SUS scores mean: Adding an adjective rating scale. **Journal of Usability Studies**, v. 4(3), p.114-123, 2009.
- BAO, X *et al.* Mechanism of Kinectbased virtual reality training for motor functional recovery of upper limbs after subacute Stroke. **Neural Regeneration Research**, v. 5(8), p. 2904-2913, 2013.
- BARANOWSKY, T *et al.* Playing for real: Video games and stories for health-related behavior change. **American Journal of Preventive Medicine**, v. 34(1), 2008.
- BARCALA, L *et al.* Análise do equilíbrio em pacientes hemiparéticos após o treino com o programa Wii Fit. **Fisioterapia em Movimento**, v. 24(2), p. 337-343, 2011.
- BARROS, SLA; PASSOS, NRS & NUNES, MASN. Breve estudo do estado da arte sobre acidente vascular cerebral e serious games para aplicação no projeto “AVC” do núcleo de tecnologia assistiva da UFS. **Revista GEINTEC**, v. 3(1), p. 121-143, 2012.
- BERTOLDI, ALS. A interferência da prática da dança na Reabilitação de portadores de deficiência física. **Fisioterapia em Movimento**, v. 10, p. 30-44, 1997.
- BORGHESE, NA *et al.* Computational Intelligence and Game Design for Effective At-Home Stroke Rehabilitation. **Games for health journal**, v. 2, n. 2, p. 81–88, 2013.

- BOUCINHA, RM. Avaliação de Ambiente Virtual de Aprendizagem com o uso do SUS - System Usability Scale. **CINTED-UFRGS**, v. 11(3), 2013.
- BROCANELLI, J. **App promete recuperar pacientes com AVC**. Jornal do campus – USP/SP. 2016.
- BROKAW, EB; ECKEL, E & BREWER, BR. Usability evaluation of a kinematics focused Kinect therapy program for individuals with stroke. **Technology and Health Care**, v. 23, p. 143-151, 2014.
- BROOKE, J. SUS: a quick and dirty usability scale. **Usability Evaluation Industry**, v. 189, p. 4-7, 1996.
- BROWN, S; MARTINEZ, MJ & PARSONS, LM. The neural basis of human dance. **Cerebral Cortex**, v. 16, p. 1157-1167, 2006.
- BROWN, S & PARSONS, LM. The neuroscience of dance. **Scientific American Brasil**, v. 299, p. 78-83, 2008.
- BROX, E *et al.* Healthy gaming - Video game design to promote health. **Applied Clinical Informatics**, v. 2(2), p. 128-142, 2011.
- BTS. **BTS Bioengineering Corp**. Estados Unidos, 2021. Disponível em: <btsbioengineering.com>. Acesso em: 16 jul. 2021.
- BURKE, JW *et al.* Optimising engagement for stroke rehabilitation using serious games. **The Visual Computer** v. 25(12):1085, 2009.
- CALIL *et al.* Reabilitação por meio da dança: uma proposta fisioterapêutica em pacientes com sequela de AVC. **Revista Neurociências**, v. 15(3), p. 195-202, 2007.
- CAMEIRÃO, MS *et al.* Coaching or gaming? Implications of strategy choice for home-based stroke rehabilitation. **Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation**, p.13-18, 2016.
- CATALDI, PCP & SILVA, TBP. Parâmetros para a concepção e avaliação de jogos para reabilitação de pacientes vítimas de AVE. **Design e Tecnologia**, v. 14, p. 69-90, 2017.
- CHOI, Y-H *et al.* Mobile game-based virtual reality rehabilitation program for upper limb dysfunction after ischemic Stroke. **Restorative Neurology and Neuroscience**, v. 34(3), p. 455-463, 2016.
- CLARK, RA *et al.* Validity of the Microsoft Kinect for assessment of postural control. **Gait Posture**, v. 36, p. 372-377, 2012.
- COOPER, RA; OHNABE, H & HOBSON, DA. **An introduction to rehabilitation engineering**. CRC Press: 2007.

- CORREA, AGD *et al.* Augmented reality in occupational therapy. **Proceedings of the Iberian conference on information systems and technologies (CISTI)**, 2013.
- COUPAR, F *et al.* Predictors of upper limb recovery after stroke: a systematic review and meta-analysis. **Clinical Rehabilitation**, v. 26(4), p. 291-313, 2012.
- DEAN, CM *et al.* Exercise intervention to prevent falls and enhance mobility in community dwellers after Strokes. **BMC Neurology**, v. 9(38), p. 1-6, 2009.
- DE SOUZA, AM *et al.* A video-tracking based serious game for motor rehabilitation of post-stroke hand impairment. **SBC Journal on 3D Interactive Systems**, v. 3(2), 2012.
- DING *et al.* Motion games improve balance control in stroke survivors: A preliminary study based on the principle of constraint-induced movement therapy. **Displays**, 34, 2013.
- DOS SANTOS, D. *et al.* Effects of dance practice on functional mobility, motor symptoms and quality of life in people with Parkinson's disease: a systematic review with meta-analysis. **Aging Clinical and Experimental Research**, v. 30, p. 727-35, 2018.
- DUNCAN, RP & EARHART, GM. Randomized controlled trial of community-based dancing to modify disease progression in Parkinson disease. **Neurorehabilitation and Neural Repair – SAGE Journals**, v. 26(2), p. 132-143, 2012.
- EVOLV. Evolv Rehabilitation Technologies. 2018. Disponível em: <<https://evolv-rehab.com/>>. Acesso em: 16 jul. 2021.
- FARIA, MJ & COLPANI, R. Avaliação técnica e pedagógica do jogo sério “Joy e as letrinhas”. **Novas Tecnologias na Educação – CINTED, UFRGS**, v. 16 (1), p. 1-10, 2018.
- FASOLI, SE *et al.* Effects of robotic therapy on motor impairment and recovery in chronic stroke. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, v. 84, p. 477-482, 2003.
- FEIGIN, VL; FOROUZANFAR, MH & KRISHNAMURTHI, R. for the Global Burden of Diseases, Injuries, and Risk Factors Study 2010 (GBD 2010) and the GBD Stroke Experts Group. **Global and regional burden of stroke during 1990–2010: findings from the Global Burden of Disease Study 2010**. *Lancet*, v. 383, p. 245-54, 2014.
- FERNANDES, FG; OLIVEIRA, LC & CARDOSO, A. Serious game para auxílio na realização de exercícios fisioterapêuticos utilizando Kinect e realidade virtual. **SBC – Proceedings of SBGames**, XIV SBGames, Teresina – PI, 11-13 de Nov. de 2015.

- FERNANDEZ-ARGUELLES *et al.* Effects of dancing on the risk of falling related factors of healthy older adults: a systematic review. **Archives of Gerontology and Geriatrics**, v. 60(1), p. 1-8, 2015.
- FERRARIS *et al.* A self-managed system for automated assessment of UPDRS upper limb tasks in Parkinson's disease. **Sensors**, v. 18(3523), p. 1-22, 2018.
- FEYS, P *et al.* Robot-supported upper limb training in a virtual learning environment: a pilot randomized controlled trial in persons with MS. **Journal of Neuroengineering Rehabilitation**, v. 12, 2015.
- FONSECA, EP; SILVA, NMR & PINTO, EB. Therapeutic Effect of Virtual Reality on Post-Stroke Patients: Randomized Clinical Trial. **Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases**, p. 23-27, 2016.
- GIJBELS, D *et al.* The Armeo spring as training tool to improve upper limb functionality in multiple sclerosis: a pilot study. **Journal of Neuroengineering Rehabilitation**, v. 8(5), 2011.
- GREEN, CS & BAVELIER, D. Exercising your brain: a review of human brain plasticity and training-induced learning. **Psychology and Aging**, v. 23, p. 692-701, 2008.
- HACKNEY, ME & EARHART, GM. Recomendações para a implementação de aulas de tango para pessoas com doença de Parkinson. **American Journal of Dance Therapy**, v. 32, p. 41-52, 2010.
- HACKNEY, ME *et al.* Application of adapted tango as therapeutic intervention for patients with chronic stroke. **Journal of Geriatric Physical Therapy**, v. 35, p. 206-217, 2012.
- HALL, CM & BRODY, LT. **Exercícios terapêuticos em busca da função**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2001.
- HILL, TR *et al.* Maximal strength training enhances strength and functional performance in chronic stroke survivors. **American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation**, v. 91(5), p. 393-400, 2012.
- HOCINE, N & GOUAÏCH, A. Therapeutic games difficulty adaptation: an approach based on player's ability and motivation. **International Conference on Computer Games (CGAMES)**, Louisville, p. 257-261, 2011.
- HORNBY, TG *et al.* Clinical practice guideline to improve locomotor function following chronic stroke, incomplete spinal cord injury, and brain injury. **Journal of Neurologic Physical Therapy**, v. 44(1), p. 49-100, 2020.
- HOSSAIN, MS *et al.* ARBased serious game framework for post-stroke rehabilitation. **Multimedia Systems**, v. 22(6), p. 659-74, 2016.
- HUNG, YX *et al.* What do stroke patients look for in game-based rehabilitation: A survey study. **Medicine (United States)**, v. 95(11), 2016.

JINTRONIX, 2020. Disponível em: <https://jintronix.com/>. Acesso em: 06 ago. 2020.

JOO, LY *et al.* A feasibility study using interactive commercial off-the-shelf computer gaming in upper limb rehabilitation in patients after Stroke. **Journal of Rehabilitation Medicine**, v. 42, p. 437-441, 2010.

JØRGENSEN, HS *et al.* Outcome and time course of recovery in stroke. Part II: Time course of recovery. The copenhagen stroke study. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, v. 76(5), p. 406-412, 1995.

KAIRY, D. The Jintronix interactive system for upper extremity rehabilitation training post stroke. **Clinical Trials**, 2018.

KEOGH, JWL *et al.* Physical benefits of dancing for healthy older adults: a review. **Journal of Aging and Physical Activity**, v. 17, p. 479-500, 2009.

KERR, A. **The business and culture of digital games**. SAGE Publications, 1st edition, 2006.

KIM, BR *et al.* Effect of Virtual Reality on Cognition in Stroke Patients. **Annals of Rehabilitation Medicine**, v. 35(4), p. 450, 2011.

KIRRIEMUIR, J. & McFARLANE, A. **Literature review in games and learning**. Technical Report, 2004.

KONG, KH *et al.* Efficacy of a virtual reality commercial gaming device in upper limb recovery after stroke: A randomized, controlled study. **Topics in Stroke Rehabilitation**, v. 23, n. 5, p. 333-340, 2016.

KORTUM, PT & BANGOR, A. Usability ratings for everyday products measured with the System Usability Scale. **International Journal of Human-Computer Interaction**, v. 29, p. 67-76, 2013.

LANGHORNE, P; BERNHARDT, J & KWAKKEL, G. Stroke rehabilitation. **Lancet**, v. 377(9778), p. 1693-1702, 2011.

LAUZÉ, M *et al.* Feasibility, Acceptability and Effects of a Home-Based Exercise Program Using a Gerontechnology on Physical Capacities After a Minor Injury in Community-Living Older Adults: A Pilot Study. **Journal of Nutrition, Health and Aging**, v. 22(1), p. 16-25, 2018.

LEE, G. Effects of training using video games on the muscle strength, muscle tone, and activities of daily living of chronic stroke patients. **Journal of physical therapy science**, v. 25(5), p. 595-7, 2013.

LEE, KH. Effects of a virtual reality-based exercise program on functional recovery in stroke patients: part 1. **Journal of Physical Therapy Science**, v. 27(6), p. 1637-1640, 2015.

- LEE, MM; SHIN, DC & SONG, CH. Canoe game-based virtual reality training to improve trunk postural stability, balance, and upper limb motor function in subacute stroke patients: a randomized controlled pilot study. **Journal of Physical Therapy Science**, v. 28(7), p. 2019-2024, 2016.
- LÓPEZ-ORTIZ, C. *et al.* Dance program for physical rehabilitation and participation in children with cerebral palsy. **Arts Health**, v. 4, p. 39-54, 2012.
- LUCIDCHART. **Lucid Software Inc.**, 2021. Disponível em: <<https://www.lucidchart.com/pages/pt/o-que-e-diagrama-de-classe-uml>>. Acesso em: 11 jul. 2021.
- MA, M; PROFFITT, R & SKUBIC, M. Validation of a Kinect V2 based rehabilitation game. **PLoS ONE**, v. 24, 2018.
- MACHADO, LS *et al.* Serious game baseados em realidade virtual para educação médica. **Revista Brasileira de Educação Médica [online]**, v. 35 (2), p. 254-262, 2011.
- MACLEAN, N *et al.* The concept of patient motivation: a qualitative analysis of stroke professionals' attitudes. **Stroke**, v. 33(2), p. 444-44, 2002.
- MARTEL, MRF; COLUSSI, EL & MARCHI, ACB. Efeitos da intervenção com game na atenção e na independência funcional em idosos após acidente vascular encefálico. **Fisioterapia e Pesquisa**, v. 23(1), p. 52-58, 2016.
- MARTINS, AI *et al.* European Portuguese Validation of the System Usability Scale (SUS). **Procedia Computer Science**, v. 67, n. Dsai, p. 293-300, 2015.
- MICROSOFT, **Kinect for Windows SDK 2.0**. Disponível em: <<https://www.microsoft.com/en-us/download/details.aspx?id=44561>>. Acesso em: 7 jul. 2020.
- MIRA. **Mira Rehab Limited**. 2021. Disponível em: <<http://www.mirarehab.com/>>. Acesso em: 16 jul. 2021.
- MIRANDA, FS & STADZISZ, PC. Jogo Digital: definição do termo. **XVI SBGames, Art & Design Track – Short Papers**. Nov. 2017.
- MOLNÁR, B; TOTH, CK & DETREKÓI, A. Accuracy test of Microsoft Kinect for human morphologic measurements. **International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences**, Volume XXXIX-B3, p. 543-547, 2012.
- MORICE, E. *et al.* Dancing to improve balance control, cognitive-motor functions, and quality of life after stroke: a study protocol for a randomized controlled trial. **BMJ Open**, 2020;10:e037039. doi:10.1136/bmjopen-2020-037039.
- MOSCA, I. Social ontology of digital games. In: M.C. Angelides and H. Agius, editors, **Handbook of Digital Games**, cap. 23, p. 767. IEEE Press, 1st edition, 2014.

- MOTION ANALYSIS. **Motion Capture Camera & Software Leader**. 2021. Disponível em: <<https://motionanalysis.com/>>. Acesso em: 16 jul. 2021.
- MURCIA, CQ. et al. Shall we dance? An exploration of the perceived benefits of dancing on well-being. **Arts Health**, v. 2, p. 149-63, 2010.
- MURROCK, CJ; GRAOR, CH & SUES-MITZEL, A. Effects of dance on upper extremity activities in underserved adults. **Journal of American Association of Nurse Practitioners**, 27(10), p. 584-590, 2015.
- NOROUZI-GHEIDARI, N *et al.* Interactive virtual reality game-based rehabilitation for stroke patients. **2013 International Conference on Virtual Rehabilitation (ICVR)**, n. August, p. 220-221, 2013.
- NOVELETTO, F *et al.* Biomedical Serious Game System for lower limb motor rehabilitation of hemiparetic stroke patients. **IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering**, v. 28 (6), p. 1487-1487, 2020.
- ORTIZ-GUTIÉRREZ, R *et al.* A telerehabilitation program improves postural control in multiple sclerosis patients: a Spanish preliminary study. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 10(11), p. 5697-5710, 2013.
- PADRINI-ANDRADE, L. *et al.* Avaliação da usabilidade de um Sistema de Informação em Saúde Neonatal segundo a percepção do usuário. **Revista Paulista de Pediatria**, v. 37(1), p. 90-96, 2019.
- PASTOR, I; HAYES, HA & BAMBERG, SJ. A feasibility study of an upper limb rehabilitation system using Kinect and computer games. **Conference proceedings - IEEE Engineering in Medicine and Biology Society**, 2012.
- PAVÃO, SL *et al.* O ambiente virtual como interface na reabilitação pós-AVE: relato de caso. **Fisioterapia em Movimento**, v. 26(2), p. 455-462, 2013.
- PENNIC, F. Reflexion Health launches next-gen Virtual Exercise Rehabilitation Assistant (VERA). **HIT Consultant**, 2018. Disponível em: <<https://hitconsultant.net/2018/03/22/reflexion-health-vera-platform>>. Acesso em: 16 jul. 2021.
- PIROVANO, M *et al.* Exergaming and rehabilitation: A methodology for the design of effective and safe therapeutic exergames. **2016 Entertainment Computing**, v.14 p. 55-65, 2016.
- PRANGE, GB *et al.* Systematic review of the effect of robot-aided therapy on recovery of the hemiparetic arm after stroke. **Journal of Rehabilitation Research and Development**, v. 43, p. 171-184, 2006.
- PRATES, RO & BARBOSA, SDJ. **Avaliação de interfaces de usuário – Conceitos e métodos**. PUC-Rio, 2003. Disponível em: http://www-di.inf.puc-rio.br/~simone/files/JAI2003_avaliaoao_s.pdf. Acesso em: 13 jun. 2020.

- PREECE, J; ROGERS, Y & SHARP, H. Interaction design: beyond human-computer interaction. **Research Gate**, 2011.
- REGENBRECHT, H *et al.* Manipulating the experience of reality for rehabilitation applications. **Proceedings of the IEEE**, v. 102(2), p. 170-184, 2014.
- RITTER, M & LOW, KG. Effects of dance/movement therapy: A meta-analysis. **Arts in Psychotherapy**, v. 23, p. 249-260, 1996.
- SA, LL. **Techniques for Empathy Interviews in Design Thinking**. Envato Tuts. 26 de junho de 2018. Disponível em: <<https://webdesign.tutsplus.com/articles/techniques-of-empathy-interviews-in-design-thinking--cms-31219>>. Acesso em: 4 nov. 2019.
- SALEN, K. & ZIMMERMAN, E. **Rules of play: game design fundamentals**. The MIT Press, 1st edition, 2003.
- SANDEL, SL. *et al.* Dance and movement program improves quality-of-life measures in breast cancer survivors. **Cancer Nursing**, v. 28, p. 301-9, 2005.
- SANDER, M *et al.* The challenges of human population ageing. **Age Ageing**, v. 44(2), p. 185-187, 2014.
- SANDLUND, M; MCDONOUGH, S & HÄGER-ROSS, C. Interactive computer play in rehabilitation of children with sensorimotor disorders: a systematic review. **Developmental Medicine & Child Neurology**, v. 51(3), p. 173-179, 2009.
- SANTOS, JVS; CARVALHO, LC & BRESSAN, PA. PhysioPlay: um exergame para reabilitação física aplicando a interatividade do Kinect como biofeedback visual. In: **IX Workshop de Realidade Virtual e Aumentada (WRVA)**, Paranavaí, 2012.
- SAPOSNIK, G & LEVIN, M. Virtual reality in stroke rehabilitation a meta-analysis and implications for clinicians. **Stroke**, v. 42, p. 1380-1386, 2011.
- SARDI, MD; SCHUSTER, RC & ALVARENGA, LFC. Efeitos da Realidade Virtual em Hemiparéticos Crônicos Pós- Acidente Vascular Encefálico. **Revista Brasileira de Ciências da Saúde**, São Caetano do Sul, v. 10(32), p. 29-35, 2012.
- SEE ME. Virtual Reality Kinect Rehabilitation. 2021, Brontes Processing. Disponível em: <<http://www.virtual-reality-rehabilitation.com/products/seeme/what-is-seeme>>. Acesso em: 16 jul. 2021.
- SHIGEMATSU *et al.* Dance-based aerobic exercise may improve indices of falling risk in older women. **Age and Ageing**, v. 31(4), p. 261-266, 2002.
- SIMOR, FW *et al.* B. Usability Evaluation Methods for Gesture-Based Games: A Systematic Review. **JMIR Serious Games**, 2016.

- SIN, H & LEE, G. Additional virtual reality training using Xbox Kinect in stroke survivors with hemiplegia. **American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation**, v. 92, p. 871-880, 2013.
- SOUSA JUNIOR, VD et al. Serious game aplicado à reabilitação motora usando sensor de movimento Kinect. In: **Congresso da Sociedade Brasileira de Computação (CSBC)**, Maceió, 2013.
- SOUSA, M *et al.* SleeveAR: augmented reality for rehabilitation using realtime feedback. **Proceedings of the International Conference on Intelligent User Interfaces**, p. 175-185, 2016.
- SUBRAMANIAM, S & BHATT, T. Does a Virtual Reality-Based Dance Training Paradigm Increase Balance Control in Chronic Stroke Survivors? A Preliminary Study. **International Journal of Rehabilitation**, v. 2(4), p. 1-10, 2015.
- TĂUT, D *et al.* Play seriously: Effectiveness of serious games and their features in motor rehabilitation. A meta-analysis. **Neurorehabilitation**, v. 41, p. 105-118, 2017.
- TAYLOR, MJ *et al.* Comparing the energy expenditure of WiiFitbased therapy with that of traditional physiotherapy in an older adult population. **Journal of the Americans Geriatrics Society**, v. 62(1), p. 203-205, 2014.
- TIMMERMANS, AA *et al.* Effects of task-oriented robot training on arm function, activity, and quality of life in chronic stroke patients: a randomized controlled trial. **Journal of Neuroengineering Rehabilitation**, v. 11(45), 2014.
- TROMBETTA, M *et al.* Motion Rehab AVE 3D: A VR-based exergame for post-stroke rehabilitation. **Computer Methods and Programs in Biomedicine**, v. 151, p. 15-20, 2017.
- VAGHETTI, CAO *et al.* **Exergames na educação física: ferramentas para o ensino e promoção da saúde**. Escola Superior de Educação Física, Universidade de Pelotas, 2017.
- VANMULKEN, DA *et al.* Robot-assisted task-oriented upper extremity skill training in cervical spinal cord injury: a feasibility study. **Spinal Cord**, v. 53, p. 547-551, 2015.
- VICO VR. 2020. Disponível em: <<http://vicovr.com>>. Acesso em: 15 ago. 2020.
- WEBSTER, D & CELIK, O. Systematic review of Kinect applications in elderly care and stroke rehabilitation. **Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation**, v. 11(1), p. 1-24, 2014.
- WHO - World Health Organization. **Stroke, Cerebrovascular accident: health topics**, Geneva, 2013.

WITHERS, JW; MUZZOLON, SB & ZONTA, MB. Influence of adapted hip-hop dancing on quality of life and social participation among children/adolescents with cerebral palsy. **Arquivos de Neuro-Psiquiatria**, p 77 (10), 2019.

WOLF, MJP. **The videogame explosion: a history from PONG to Playstation and beyond**. Greenwood Press, 1st edition, 2007.

WSO – World Stroke Organization. **Annual Reports – 2020**. Switzerland, 2020. Disponível em: <https://www.world-stroke.org/assets/downloads/WSO_Annual_Report_2020_online.pdf>. Acesso em: 15 jul. 2021.

YAN *et al.* Prevention, management, and rehabilitation of stroke in low- and middle-income countries. **eNeurologicalSci**, v. 2, p. 21-30, 2016.

YALCI, E. **Design Thinking Methodology Book**, 2016.

8. APÊNDICE

8.1. ANEXO I - TCLE FISIOTERAPEUTAS

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Você está sendo convidado(a) como voluntário(a) a participar do estudo Desenvolvimento de Jogos Sérios para Auxílio à Reabilitação Pós AVC, que tem como objetivo desenvolver um jogo sério para auxílio à reabilitação motora pós-AVC, que responda às necessidades reais e forneçam informações baseadas em dados biomecânicos para auxílio a decisões terapêuticas. Acreditamos que esta pesquisa seja importante porque levará à criação de um novo recurso tecnológico para auxiliar pacientes que sofrem com as sequelas do AVC e precisam da fisioterapia para melhorar sua qualidade de vida.

PARTICIPAÇÃO NO ESTUDO

A sua participação no referido estudo será necessária nas seguintes atividades: indicar pacientes que tenham condições de participar da pesquisa, permitir que os pesquisadores observem a realização de algumas sessões de terapia de reabilitação motora; conceder entrevista aos pesquisadores a fim de esclarecer aspectos gerais sobre a terapia realizada, responder ao questionário SUS (escala de usabilidade do sistema). As atividades devem acontecer em seu local de trabalho mediante autorização. A duração da conversa inicial para coleta dos seus dados relevantes a pesquisa, bem como a indicação dos pacientes e o preenchimento do questionário SUS deve ser de aproximadamente 30 minutos. A duração da entrevista deve levar o tempo máximo de 1 hora

RISCOS E BENEFÍCIOS

Através deste Termo de Consentimento Livre e Esclarecido você está sendo alertado de que, da pesquisa a se realizar, pode esperar alguns benefícios, tais como: Futuramente você poderá utilizar nas sessões de terapias os softwares desenvolvidos nessa pesquisa, desde que possua os equipamentos necessários. Bem como, também que é possível que aconteçam os seguintes desconfortos ou riscos em sua participação, tais como ser exposto a riscos mínimos como cansaço, desconforto pelo tempo gasto durante as demonstrações e entrevista, e ao lembrar algumas sensações diante do vivido com situações desgastantes. Para minimizar tais riscos, nós pesquisadores tomaremos as seguintes medidas: Se isto ocorrer você poderá interromper a demonstração e a entrevista e retomá-las posteriormente, se assim o desejar.

SIGILO E PRIVACIDADE

Nós pesquisadores garantiremos a você que sua privacidade será respeitada, ou seja, seu nome ou qualquer outro dado ou elemento que possa, de qualquer forma, lhe identificar, será mantido em sigilo. Nós pesquisadores nos responsabilizaremos pela guarda e confidencialidade dos dados, bem como a não exposição dos dados de pesquisa.

AUTONOMIA

Nós lhe asseguramos assistência durante toda pesquisa, bem como garantiremos seu livre acesso a todas as informações e esclarecimentos adicionais sobre o estudo e suas consequências, enfim, tudo o que você queira saber antes, durante e depois de sua participação. Também informamos que você pode se recusar a participar do estudo, ou retirar seu consentimento a qualquer momento, sem precisar justificar, e de, por desejar sair da pesquisa, não sofrerá qualquer prejuízo à assistência que vem recebendo.

RESSARCIMENTO E INDENIZAÇÃO

No entanto, caso tenha qualquer despesa decorrente da participação nesta pesquisa, tais como transporte, alimentação entre outros, haverá ressarcimento dos valores gastos na forma seguinte: Depósito em conta corrente. De igual maneira, caso ocorra algum dano decorrente de sua participação no estudo, você será devidamente indenizado, conforme determina a lei.

CONTATO

Os pesquisadores envolvidos com o referido projeto são Elisangela Ferretti Manfria, Ana Paula Cunha Loureiro, Cláudia Maria Cabral Moro Barra, Carlos Rafael Hasselmann Forbeck, Luana Marcela de Miranda e com eles você poderá manter contato pelos telefones (41)98404-0690, (41) 99967-0707, (41) 99107-6258, (41) 99820-1007, (41) 99750-9271.

O Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos (CEP) é composto por um grupo de pessoas que estão trabalhando para garantir que seus direitos como participante de pesquisa sejam respeitados. Ele tem a obrigação de avaliar se a pesquisa foi planejada e se está sendo executada de forma ética. Se você achar que a pesquisa não está sendo realizada da forma como você imaginou ou que está sendo prejudicado de alguma forma, você pode entrar em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa da PUCPR (CEP) pelo telefone (41) 3271-2103 entre segunda e sexta-feira das 08h00 às 17h30 ou pelo e-mail nep@pucpr.br.

DECLARAÇÃO

Declaro que li e entendi todas as informações presentes neste Termo de Consentimento Livre e Esclarecido e tive a oportunidade de discutir as informações deste termo. Todas as minhas perguntas foram respondidas e eu estou satisfeito com as respostas. Entendo que receberei uma via assinada e datada deste documento e que outra via assinada e datada será arquivada nos pelo pesquisador responsável do estudo.

Enfim, tendo sido orientado quanto ao teor de todo o aqui mencionado e compreendido a natureza e o objetivo do já referido estudo, manifesto meu livre consentimento em participar, estando totalmente ciente de que não há nenhum valor econômico, a receber ou a pagar, por minha participação.

Dados do participante da pesquisa	
Nome:	
Telefone:	
e-mail:	

Local, ____ de ____ de ____.

Assinatura do participante da pesquisa

Assinatura do Pesquisador

USO DE IMAGEM E/OU ÁUDIO

Autorizo o uso de minha imagem para fins da pesquisa, sendo seu uso restrito a apresentações em eventos científicos ou acadêmicos.

Assinatura do participante da pesquisa

Assinatura do Pesquisador

8.2. ANEXO II - TCLE PACIENTES

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Você está sendo convidado(a) como voluntário(a) a participar do estudo Desenvolvimento de Jogos Sérios para Auxílio à Reabilitação Pós AVC, que tem como objetivo desenvolver um jogo sério para auxílio à reabilitação motora pós-AVC, que responda às necessidades reais e forneçam informações baseadas em dados biomecânicos para auxílio a decisões terapêuticas. Acreditamos que esta pesquisa seja importante porque levará à criação de um novo recurso tecnológico para auxiliar pacientes que sofrem com as sequelas do AVC e precisam da fisioterapia para melhorar sua qualidade de vida.

PARTICIPAÇÃO NO ESTUDO

A sua participação no referido estudo será necessária nas seguintes atividades: permitir que os pesquisadores colem seus dados pessoais, dados sobre o AVC e sobre a terapia realizada; preencher um mini-exame do estado mental; responder ao questionário SUS (escala de usabilidade do sistema); permitir que os pesquisadores observem a realização de algumas sessões de terapia de reabilitação motora e conceder entrevista aos pesquisadores a fim de esclarecer aspectos gerais sobre a terapia realizada. As atividades devem acontecer no local onde a terapia é realizada mediante autorização. A duração da conversa inicial para coleta dos seus dados relevantes a pesquisa, bem como o mini-exame do estado mental e o preenchimento do questionário SUS deve ter duração total de aproximadamente 30 minutos. A duração da entrevista deve levar o tempo máximo de 1 hora

RISCOS E BENEFÍCIOS

Através deste Termo de Consentimento Livre e Esclarecido você está sendo alertado de que, da pesquisa a se realizar, pode esperar alguns benefícios, tais como: Futuramente você poderá utilizar nas sessões de terapias os softwares desenvolvidos nessa pesquisa, desde que possua os equipamentos necessários. Bem como, também que é possível que aconteçam os seguintes desconfortos ou riscos em sua participação, tais como ser exposto a riscos como cansaço, desconforto pelo tempo gasto durante as demonstrações e entrevista, e ao relembrar algumas sensações diante do vivido com situações desgastantes. Para minimizar tais riscos, nós pesquisadores tomaremos as seguintes medidas: O terapeuta que já acompanha o paciente durante as sessões estará presente durante a demonstração e fará as orientações necessárias para a realização dos exercícios como de costume. Caso o paciente sinta-se cansado ou desconfortável ele poderá interromper a demonstração e a entrevista e retomá-las posteriormente, se assim o desejar.

SIGILO E PRIVACIDADE

Nós pesquisadores garantiremos a você que sua privacidade será respeitada, ou seja, seu nome ou qualquer outro dado ou elemento que possa, de qualquer forma, lhe identificar, será mantido em sigilo. Nós pesquisadores nos responsabilizaremos pela guarda e confidencialidade dos dados, bem como a não exposição dos dados de pesquisa.

AUTONOMIA

Nós lhe asseguramos assistência durante toda pesquisa, bem como garantiremos seu livre acesso a todas as informações e esclarecimentos adicionais sobre o estudo e suas consequências, enfim, tudo o que você queira saber antes, durante e depois de sua participação. Também informamos que você pode se recusar a participar do estudo, ou retirar seu consentimento a qualquer momento, sem precisar justificar, e de, por desejar sair da pesquisa, não sofrerá qualquer prejuízo à assistência que vem recebendo.

RESSARCIMENTO E INDENIZAÇÃO

No entanto, caso tenha qualquer despesa decorrente da participação nesta pesquisa, tais como transporte, alimentação entre outros, haverá ressarcimento dos valores gastos na forma seguinte: Depósito em conta corrente. De igual maneira, caso ocorra algum dano decorrente de sua participação no estudo, você será devidamente indenizado, conforme determina a lei.

CONTATO

Os pesquisadores envolvidos com o referido projeto são Elisangela Ferretti Manfira, Ana Paula Cunha Loureiro, Cláudia Maria Cabral Moro Barra, Carlos Rafael Hasselmann Forbeck, Luana Marcela de Miranda e com eles você poderá manter contato pelos telefones (41)98404-0690, (41) 99967-0707, (41) 99107-6258, (41) 99820-1007, (41) 99750-9271.

O Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos (CEP) é composto por um grupo de pessoas que estão trabalhando para garantir que seus direitos como participante de pesquisa sejam respeitados. Ele tem a obrigação de avaliar se a pesquisa foi planejada e se está sendo executada de forma ética. Se você achar que a pesquisa não está sendo realizada da forma como você imaginou ou

que está sendo prejudicado de alguma forma, você pode entrar em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa da PUCPR (CEP) pelo telefone (41) 3271-2103 entre segunda e sexta-feira das 08h00 às 17h30 ou pelo e-mail nep@pucpr.br.

DECLARAÇÃO

Declaro que li e entendi todas as informações presentes neste Termo de Consentimento Livre e Esclarecido e tive a oportunidade de discutir as informações deste termo. Todas as minhas perguntas foram respondidas e eu estou satisfeito com as respostas. Entendo que receberei uma via assinada e datada deste documento e que outra via assinada e datada será arquivada nos pelo pesquisador responsável do estudo.

Enfim, tendo sido orientado quanto ao teor de todo o aqui mencionado e compreendido a natureza e o objetivo do já referido estudo, manifesto meu livre consentimento em participar, estando totalmente ciente de que não há nenhum valor econômico, a receber ou a pagar, por minha participação.

Dados do participante da pesquisa	
Nome:	
Telefone:	
e-mail:	

Local, ____ de ____ de ____.

Assinatura do participante da pesquisa

Assinatura do Pesquisador

USO DE IMAGEM E/OU ÁUDIO

Autorizo o uso de minha imagem para fins da pesquisa, sendo seu uso restrito a apresentações em eventos científicos ou acadêmicos.

Assinatura do participante da pesquisa

Assinatura do Pesquisador

8.3. ANEXO III - TCLE CUIDADORES

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Você está sendo convidado(a) como voluntário(a) a participar do estudo Desenvolvimento de Jogos Sérios para Auxílio à Reabilitação Pós AVC, que tem como objetivo desenvolver um jogo sério para auxílio à reabilitação motora pós-AVC, que responda às necessidades reais e forneçam informações baseadas em dados biomecânicos para auxílio a decisões terapêuticas. Acreditamos que esta pesquisa seja importante porque levará à criação de um novo recurso tecnológico para auxiliar pacientes que sofrem com as sequelas do AVC e precisam da fisioterapia para melhorar sua qualidade de vida.

PARTICIPAÇÃO NO ESTUDO

A sua participação no referido estudo será de conceder entrevista aos pesquisadores a fim de esclarecer aspectos gerais sobre as adaptações necessárias na rotina do paciente e do cuidador para realizar o processo de reabilitação. A entrevista deve acontecer no mesmo local onde a terapia é realizada, mediante autorização e deve durar o tempo máximo de 1 hora.

RISCOS E BENEFÍCIOS

Através deste Termo de Consentimento Livre e Esclarecido você está sendo alertado de que, da pesquisa a se realizar, pode esperar alguns benefícios, tais como: Futuramente o paciente poderá utilizar nas sessões de terapias os softwares desenvolvidos nessa pesquisa, desde que possua os equipamentos necessários, aumentando assim a autonomia e a independência do paciente em suas atividades. Bem como, também que é possível que aconteçam os seguintes desconfortos ou riscos em sua participação, tais como ser exposto a riscos mínimos como cansaço, desconforto pelo tempo gasto durante as demonstrações e entrevista, e ao relembrar algumas sensações diante do vivido com situações desgastantes. Para minimizar tais riscos, nós pesquisadores tomaremos as seguintes medidas: Se isto ocorrer você poderá interromper a entrevista e retomá-las posteriormente, se assim o desejar.

SIGILO E PRIVACIDADE

Nós pesquisadores garantiremos a você que sua privacidade será respeitada, ou seja, seu nome ou qualquer outro dado ou elemento que possa, de qualquer forma, lhe identificar, será mantido em sigilo. Nós pesquisadores nos responsabilizaremos pela guarda e confidencialidade dos dados, bem como a não exposição dos dados de pesquisa.

AUTONOMIA

Nós lhe asseguramos assistência durante toda pesquisa, bem como garantiremos seu livre acesso a todas as informações e esclarecimentos adicionais sobre o estudo e suas consequências, enfim, tudo o que você queira saber antes, durante e depois de sua participação. Também informamos que você pode se recusar a participar do estudo, ou retirar seu consentimento a qualquer momento, sem precisar justificar, e de, por desejar sair da pesquisa, não sofrerá qualquer prejuízo à assistência que vem recebendo.

RESSARCIMENTO E INDENIZAÇÃO

No entanto, caso tenha qualquer despesa decorrente da participação nesta pesquisa, tais como transporte, alimentação entre outros, haverá ressarcimento dos valores gastos na forma seguinte: Depósito em conta corrente. De igual maneira, caso ocorra algum dano decorrente de sua participação no estudo, você será devidamente indenizado, conforme determina a lei.

CONTATO

Os pesquisadores envolvidos com o referido projeto são Elisangela Ferretti Manfira, Ana Paula Cunha Loureiro, Cláudia Maria Cabral Moro Barra, Carlos Rafael Hasselmann Forbeck, Luana Marcela de Miranda e com eles você poderá manter contato pelos telefones (41)98404-0690, (41) 99967-0707, (41) 99107-6258, (41) 99820-1007, (41) 99750-9271.

O Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos (CEP) é composto por um grupo de pessoas que estão trabalhando para garantir que seus direitos como participante de pesquisa sejam respeitados. Ele tem a obrigação de avaliar se a pesquisa foi planejada e se está sendo executada de forma ética. Se você achar que a pesquisa não está sendo realizada da forma como você imaginou ou que está sendo prejudicado de alguma forma, você pode entrar em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa da PUCPR (CEP) pelo telefone (41) 3271-2103 entre segunda e sexta-feira das 08h00 às 17h30 ou pelo e-mail nep@pucpr.br.

DECLARAÇÃO

Declaro que li e entendi todas as informações presentes neste Termo de Consentimento Livre e Esclarecido e tive a oportunidade de discutir as informações deste termo. Todas as minhas perguntas foram respondidas e eu estou satisfeito com as respostas. Entendo que receberei uma via assinada e datada deste documento e que outra via assinada e datada será arquivada nos pelo pesquisador responsável do estudo.

Enfim, tendo sido orientado quanto ao teor de todo o aqui mencionado e compreendido a natureza e o objetivo do já referido estudo, manifesto meu livre consentimento em participar, estando totalmente ciente de que não há nenhum valor econômico, a receber ou a pagar, por minha participação.

Dados do participante da pesquisa	
Nome:	
Telefone:	
e-mail:	

Local, ____ de ____ de ____.

Assinatura do participante da pesquisa

Assinatura do Pesquisador

USO DE IMAGEM E/OU ÁUDIO

Autorizo o uso de minha imagem para fins da pesquisa, sendo seu uso restrito a apresentações em eventos científicos ou acadêmicos.

Assinatura do participante da pesquisa

Assinatura do Pesquisador

8.4. ANEXO IV – RELATÓRIO PIBIC



PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
PROGRAMA INSTITUCIONAL DE BOLSAS DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

PIBITI – 2020/2021

RELATÓRIO FINAL

PERSPECTIVA DA FISIOTERAPIA NO DESENVOLVIMENTO DE JOGOS
SÉRIOS PARA AUXÍLIO À REABILITAÇÃO MOTORA PÓS-AVC

ELISANGELA FERRETTI MANFFRA

CURITIBA

19/07/2021

**LUANA MARCELA DE MIRANDA
ELISANGELA FERRETTI MANFFRA**

**GRADUAÇÃO EM FISIOTERAPIA – ESCOLA DE CIÊNCIAS DA VIDA (ECV)
MODALIDADE – Bolsista CNPq**

**PERSPECTIVA DA FISIOTERAPIA NO DESENVOLVIMENTO DE JOGOS SÉRIOS
PARA AUXÍLIO À REABILITAÇÃO MOTORA PÓS-AVC**

Relatório Final apresentado ao Programa
Institucional de Bolsas de Iniciação
Tecnológica e Inovação, Pró-Reitoria de
Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação da
Pontifícia Universidade Católica do
Paraná, sob orientação da **Profa.
Elisangela Ferretti Manffra.**

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Equipe de desenvolvimento do jogo presenciando um atendimento fisioterapêutico de uma paciente pós-AVC	9
Figura 2: Equipe de desenvolvimento do jogo testando a primeira versão de uma coreografia desenvolvida	10
Figura 3: Instalação do sistema com espelhamento do celular na televisão.	11
Figura 4: Detecção do sistema e exibição da pontuação.....	12
Figura 5: Gráfico de evolução do paciente durante as partidas.....	12
Figura 6: Relação entre itens da escala SUS e pontuação dos terapeutas, média e desvio padrão do escore	17

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Tempo de formação e tempo de atuação em reabilitação pós-AVC em anos das fisioterapeutas entrevistadas.	7
Tabela 2: Sugestões oferecidas pelos fisioterapeutas para implementação de melhorias no protótipo avaliado.	17

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVOS.....	2
3. ADAPTAÇÕES NECESSÁRIAS DEVIDO AO ISOLAMENTO/PANDEMIA COVID-19.....	2
4. REVISÃO DE LITERATURA	2
5. MATERIAIS E MÉTODO	6
5.1. MÉTODO PARA O1	6
5.1.1. Nova análise dos dados coletados previamente	6
5.1.2. Realização de entrevistas com fisioterapeutas	7
5.1.3. Definição dos exercícios para o jogo sério.....	8
5.1.4. Observação de um atendimento fisioterapêutico pós-AVC	8
5.2. MÉTODO PARA O2	10
6. RESULTADOS	13
6.1. ETAPA DE LEVANTAMENTO DE REQUISITOS PARA O JOGO.....	14
6.2. ETAPA DE ANÁLISE DA USABILIDADE DO JOGO	17
7. DISCUSSÃO.....	18
8. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	21
9. OUTRAS ATIVIDADES REALIZADAS	22
REFERÊNCIAS.....	23

RESUMO

Introdução: O acidente vascular cerebral (AVC) é considerado a segunda principal causa de morte e a terceira principal causa de incapacidade no mundo. No contexto da reabilitação, destacam-se as terapias vinculadas à tecnologia, como os jogos sérios ou *serious games* (SG). Este projeto contribui para o desenvolvimento de um jogo terapêutico para reabilitação motora pós-AVC, evidenciando a perspectiva fisioterapêutica com base na abordagem centrada no usuário. **Objetivos:** Identificar os requisitos a serem atendidos pelo jogo sério para atingir os objetivos terapêuticos da reabilitação motora pós-AVC e avaliar a usabilidade do jogo desenvolvido.

Materiais e Método: Explorou-se os resultados coletados previamente na vigência anterior deste projeto por meio do método *Brainstorming*. Para completar a etapa de levantamento de requisitos, realizou-se entrevistas remotas com fisioterapeutas. Com base nessas informações qualitativas, definiu-se os exercícios para o jogo sério fundamentados na dançaterapia. A primeira coreografia desenvolvida foi testada em uma sessão de observação de atendimento pós-AVC, gerando adaptações para uma nova coreografia. Esta nova coreografia foi descrita e compatibilizada com algoritmos de programação do desenvolvedor do jogo. A análise da usabilidade do produto foi feita por meio da escala SUS validada em Língua Portuguesa.

Resultados: O *Brainstorming* permitiu levantar possíveis funcionalidades para o jogo sério. As entrevistas realizadas com fisioterapeutas foram úteis para compreender os atendimentos pós-AVC, presumindo necessidades e objetivos terapêuticos da reabilitação. O desenvolvimento das coreografias proporcionou a definição dos exercícios, associando objetivos terapêuticos aos critérios de qualidade (baseados na goniometria dos membros, comprimento e altura do passo e número de repetições da pose a ser detectada pelo sistema). Para cada passo de dança, presumiu-se a mensuração quantitativa a ser considerada na pontuação geral do jogo. Em relação ao questionário de usabilidade, a média obtida do escore total foi de 93,5; com desvio padrão de 7,2; valor mínimo de 77,5 e máximo de 100.

Considerações Finais: Por meio da abordagem centrada em múltiplos usuários, levantou-se os requisitos para o jogo sério, identificando os fatores inerentes ao processo de reabilitação pós-AVC, como as metas terapêuticas a serem atingidas, as motivações e dificuldades desse público. A análise da usabilidade revelou resultados acima da média estabelecida pela literatura para a escala SUS, demonstrando que o produto é eficiente e de fácil utilização. A participação dos fisioterapeutas e pacientes permitiu a adaptação do protótipo para as próximas versões de teste, com melhorias referentes ao *design* do jogo, redução da velocidade e da quantidade de passos da coreografia, bem como a ampliação do *game*.

Palavras-chave: AVC. Reabilitação. Fisioterapia. Jogos Sérios. Usabilidade.

1. INTRODUÇÃO

O acidente vascular cerebral (AVC) é considerado a segunda principal causa de morte e a terceira principal causa de incapacidade no mundo (WORLD STROKE ORGANIZATION, 2020). Define-se como uma síndrome neurológica focal ou global repentina, provavelmente de origem vascular (ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE, 2006). Os sobreviventes de AVC podem apresentar déficits irreversíveis, com limitações físicas e funcionais que impedem o retorno autônomo às atividades de vida diária (DE CARVALHO *et al.*, 2011).

A persistência de sequelas torna a doença dispendiosa para a família, prestadores de assistência e serviços de saúde (ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE, 2006), provocando impacto clínico e social (O'SULLIVAN; SCHMITZ, 2010). Desse modo, justifica-se a relevância direcionada ao desenvolvimento de alternativas para reabilitação dos indivíduos acometidos pelo AVC (DE CARVALHO *et al.*, 2011), com destaque para as terapias vinculadas à tecnologia (BARROS; PASSOS; NUNES, 2012; PAVÃO *et al.*, 2013).

Nesse cenário, salientam-se os jogos sérios ou *serious games* (SG), projetados com viés divergente do puro entretenimento (DE GLORIA *et al.*, 2014), tendo como objetivo final, no âmbito da saúde, permitir que os usuários alcancem uma meta específica de modo lúdico, motivador e envolvente, a partir de exercícios customizados (WEBSTER; CELIK, 2014).

Este projeto contribui para o desenvolvimento de um jogo terapêutico acessível, capaz de ser disposto em diferentes cenários de reabilitação para pacientes em recuperação do AVC, conforme sugere a dissertação em processo vinculada ao mesmo projeto de professor. A perspectiva da fisioterapia a ser evidenciada busca adequar os objetivos terapêuticos preconizados em terapias de reabilitação pós-AVC, a partir das necessidades levantadas pelas partes interessadas: fisioterapeutas, pacientes e cuidadores. Como resultado, intenta-se avaliar a usabilidade do jogo desenvolvido por meio de um questionário de satisfação global do sistema, *System Usability Scale* (SUS), validado em Língua Portuguesa (MARTINS *et al.*, 2015).

2. OBJETIVOS

Consoante ao plano de trabalho de pesquisa de estudante estabelecido, os objetivos inferidos são os seguintes:

O1. Identificar os requisitos a serem atendidos pelo jogo sério para atingir os objetivos terapêuticos da reabilitação motora pós-AVC;

O2. Analisar a usabilidade do jogo desenvolvido na reabilitação motora pós-AVC.

3. ADAPTAÇÕES NECESSÁRIAS DEVIDO AO ISOLAMENTO/PANDEMIA COVID-19

No intento de completar a fase de levantamento de requisitos a serem atendidos pela tecnologia em elaboração (O1), pretendia-se, inicialmente, a observação de sessões terapêuticas a pacientes pós-AVC em clínicas e hospitais pré-definidos em consonância ao Comitê de Ética e Pesquisa da PUCPR. Contudo, em virtude do cenário pandêmico, esta etapa não pôde ser executada de acordo com o cronograma, exigindo a adaptação para realização de conversas informais de modo remoto com fisioterapeutas experientes no contexto da reabilitação neurológica pós-AVC.

Adicionalmente, para contemplar a etapa de análise da usabilidade (O2), um questionário de satisfação deveria ser aplicado após a utilização do protótipo do jogo em três sessões de atendimento fisioterapêutico, minimamente. Porém, em virtude do atraso na coleta de dados por conta da pandemia e a fim de reunir a amostra estabelecida de 10 fisioterapeutas, convencionou-se aplicar essa escala após uma única sessão terapêutica.

4. REVISÃO DE LITERATURA

O acidente vascular cerebral (AVC) mostra-se a causa mais comum de deficiência crônica, responsável por um dos maiores índices de admissão hospitalar para reabilitação, representando um problema de saúde pública (O'SULLIVAN; SCHMITZ, 2010, p. 764). A Rede Mundial de AVC (2020) pontua a doença como a segunda causa de morte no mundo e a primeira causa de incapacidade, tendo em vista que, a cada ano, 13,7 milhões de indivíduos no mundo manifestam a condição, 5,5 milhões chegam a óbito e, hodiernamente, 80 milhões de pessoas são consideradas sobreviventes do AVC. Segundo projeções, existe uma tendência de manutenção dessa posição até o ano de 2030, sendo responsável por cerca de 12,2% dos óbitos previstos (MATHERS; LONCAR, 2006).

Em consonância à Organização Mundial de AVC (*World Stroke Organization*), um em cada seis indivíduos no mundo sofrerá um AVC ao longo de seu curso de vida (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2013), enquanto estudos recentes do *Global Burden of Diseases* demonstram que o risco de AVC, nesse contexto, é de uma em cada quatro pessoas. Infere-se, portanto, os altos níveis de morbimortalidade dessa doença, capaz de gerar quadros de incapacidades funcionais quando o óbito não ocorre (SANTOS, WATERS, 2020). Além disso, 20% dos sobreviventes vivem apenas um mês após a ocorrência do AVC, enquanto 50% sobrevivem por mais tempo, portando sequelas provisórias ou permanentes (SANTOS, WATERS, 2020). No Brasil, cerca de 10% dos óbitos registrados são decorrentes desta doença (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2015).

Essa condição provoca alterações motoras e funcionais ao indivíduo, dentre as quais destaca-se a redução da força muscular e da movimentação voluntária, manifestada na forma de hemiparesia (perda parcial da força muscular em um hemicorpo) ou hemiplegia (perda total da força muscular em um lado do corpo) (ADA; DORSCH; CANNING, 2006), comprometendo a realização de atividades de vida diária, prejudicando aspectos de transferência de peso corporal, equilíbrio e mobilidade (LANGHORNE; BERNHARDT; KWAKKEL, 2011). Outras sequelas podem ser citadas, como déficits de percepção sensitiva, orientação espacial, memória, cognição e comportamento (DAVIES, 1996). Isto posto, a terapia de reabilitação deve se concentrar na avaliação de potenciais ganhos funcionais do

paciente, determinando disfunções e enfatizando a neurofisiologia da restauração da função após dano cerebral (DAVIES, 1996).

As diversas estratégias de intervenção utilizadas pela fisioterapia, de modo geral, podem ser consideradas monótonas e repetitivas, o que acaba por gerar a desmotivação do paciente e consequente baixa adesão ao tratamento (POMPEU *et al.*, 2014). Em prol do auxílio à reabilitação de pacientes acometidos por acidente vascular cerebral, tecnologias estão sendo desenvolvidas em todo o mundo. Logo, propõe-se a realidade virtual (RV) como recurso terapêutico que pode atuar na recuperação de pacientes neurológicos por meio da interação, motivação e diversão na realização de exercícios específicos (POMPEU *et al.*, 2014), através de uma tecnologia computadorizada que simula a aprendizagem na vida real e intensifica o *feedback* sensorial (ARAÚJO *et al.*, 2014).

Dentre as tecnologias desenvolvidas nesse cenário, tem-se a elaboração de jogos sérios ou “serious game” (SG). O termo surgiu com o intuito de relatar o uso de jogos na educação, treinamento, saúde e políticas públicas, transformando tarefas de aprendizagem em experiências do jogador (WOUTERS, VAN DER SPEK, VAN OOSTENDORP, 2009 *apud* D’ORNELLAS *et al.*, 2015). No contexto da saúde, os jogos sérios podem mimetizar exercícios de reabilitação, permitindo a realização destes em âmbito virtual, de modo que o fisioterapeuta tem a possibilidade de customizar as características desses exercícios, bem como avaliar e controlar o desempenho de pacientes (D’ORNELLAS *et al.*, 2015).

A experiência e o envolvimento do jogador compõem os mecanismos responsáveis por tornarem os jogos sérios motivadores e divertidos (D’ORNELLAS *et al.*, 2015). O paciente realiza tarefas orientadas a objetivos desafiadores a partir de movimentos físicos, o que é potencialmente relevante, uma vez que o cérebro é capaz de produzir novas sinapses neurais para compensar os danos em resposta a estímulos externos (CARGNIN *et al.*, 2015). Para contemplar tais preceitos, os princípios de *design* presumem jogos e desafios significativos, que servem para manter um nível de dificuldade e engajar o paciente, assim como a promoção de interação do jogador com o sistema (DETERDING *et al.*, 2011; HOLMAN, AGUILAR, FISHMAN, 2013 *apud* CARGNIN *et al.*, 2015).

No Brasil, alguns jogos já foram propostos, como o *Motion Rehab*, desenvolvido por Martel; Colussi; Marchi (2016), demonstrando contribuir para a evolução motora e cognitiva de idosos com sequelas de AVC. Além deste, destaca-se o sistema de jogos delineado por Cargnin (2015), que conciliou a ferramenta de criação de jogos *Unity* com o dispositivo *Kinect*, com análises de usabilidade que expressam a consonância com testes funcionais fisioterapêuticos, no contexto da reabilitação pós-AVC. Adicionalmente, é possível citar o jogo proposto por Pasqual (2018), o qual busca incorporar adaptações sensório-motoras, favorecendo o tônus, equilíbrio e deambulação de pacientes afetados pela doença.

As intervenções em âmbito virtual são flexíveis e adaptáveis, permitindo entretenimento durante a realização de exercícios. Além disso, induzem um foco de atenção simultâneo durante a execução de tarefas motoras e afetam positivamente o aprendizado motor (VOGT *et al.*, 2019). As vantagens mencionadas acima e já relatadas em outros estudos presumem que as experiências com realidade virtual podem melhorar os resultados de treinamento de equilíbrio e atuar em benefício da prevenção, tratamento e reabilitação musculoesquelética dos membros inferiores (VOGT *et al.*, 2019).

O sistema baseado em realidade virtual está entre as plataformas assistidas e consiste em um método individualizado, econômico, seguro e interativo, capaz de contribuir para a recuperação global associado à terapia convencional em pacientes crônicos (KUMAR *et al.*, 2018). Alguns estudos também sugerem que quando o treinamento é continuado no paciente em ambiente domiciliar em vez de hospitalar, consultas e custos podem ser diminuídos, bem como é possível ampliar o tratamento para uma maior quantidade de pacientes (JURAS *et al.*, 2019). Isso se reforça por VERMA *et al.* (2017), que entende essa ferramenta como complementar à atuação fisioterapêutica, uma vez que este pode ser capaz de administrar vários pacientes simultaneamente, economizando tempo e ampliando a relação custo-efetividade dessa modalidade em ambientes domésticos.

Dentre os avanços tecnológicos que facilitam o surgimento de abordagens promissoras para a integração da reabilitação com jogos virtuais, tem-se essa associação com a “terapia de dança”, uma atividade física multidimensional com

efeito semelhante ao exercício caminhada-corrida (SAMPAIO *et al.*, 2016). Estudos que utilizaram a dança aeróbica baseada em realidade virtual para a população com AVC crônico apontaram maior taxa de adesão e motivação em comparação a métodos convencionais, além de melhorar o tônus vagal e a função cardiorrespiratória (SAMPAIO *et al.*, 2016).

Apesar dos benefícios já elucidados, destaca-se a necessidade de ampliação de pesquisas no âmbito da realidade virtual (SARDI; SCHUSTER; CALAGE ALVARENGA, 2012), com finalidade de avaliar se as vantagens descritas dessa modalidade de reabilitação em indivíduos pós-AVC são mantidas por longo prazo e se a RV é capaz de promover influência biopsicossocial por meio da reintegração social, além da função motora, comportamental e cognitiva (OLIVEIRA *et al.*, 2016).

5. MATERIAIS E MÉTODO

O projeto de origem “Jogos sérios para reabilitação motora pós-AVC” foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Pontifícia Universidade Católica do Paraná (CEP) - CAAE: 25564919.2.0000.0020, parecer de nº. 3.855.085 (VIDE ANEXO 1) e emenda de parecer nº. 3.963.526 (VIDE ANEXO 2). O desenvolvimento deste trabalho se iniciou em 2019 e os dados coletados anteriormente (VIDE ANEXO 3) serviram como subsídio para essa atualização.

5.1. MÉTODO PARA O1

Esta etapa compreende o levantamento de requisitos para o jogo sério, concluída a partir dos procedimentos elencados adiante.

5.1.1. Nova análise dos dados coletados previamente

A metodologia admitida no projeto anterior, apresentado na vigência 2019-2020, integrou o recrutamento de três grupos de participantes inseridos no contexto da reabilitação pós-AVC – fisioterapeutas, pacientes e cuidadores. Dados foram

coletados por meio de entrevistas realizadas pelos pesquisadores com tais participantes, os quais foram questionados sobre a rotina de terapia pós-AVC, assim como acerca de possíveis desafios enfrentados durante esse processo, fatores motivacionais para a reabilitação, proposta de realização de exercícios em âmbito domiciliar e principais objetivos terapêuticos a serem alcançados nessa população.

Tais entrevistas realizadas previamente na vigência do projeto pregresso foram analisadas novamente e discutidas junto à equipe de desenvolvimento do jogo. Utilizou-se a técnica “Brainstorming”, na qual os pesquisadores exploraram os resultados encontrados, no intento de ampliar as possibilidades para a criação de um protótipo que contemple as necessidades evidenciadas.

5.1. 2. Realização de entrevistas com fisioterapeutas

Para obtenção integral do levantamento de requisitos a serem atendidos pela tecnologia em elaboração, pretendia-se a observação de sessões terapêuticas de pacientes pós-AVC. Contudo, em virtude do cenário pandêmico justificado anteriormente, esta etapa não pôde ser executada, sendo substituída pela realização de conversas informais remotas síncronas com profissionais experientes. Nesse contexto, 03 fisioterapeutas pertencentes ao grupo de estudo da orientadora deste projeto relataram acerca da dinâmica dos exercícios executados em sessões terapêuticas de pacientes pós-AVC, bem como dos protocolos de atendimentos pertinentes para essa população. A média e o desvio padrão do tempo de formação (desde a conclusão da graduação até o momento da entrevista) e do tempo de atuação em reabilitação pós-AVC das fisioterapeutas entrevistadas (F) estão descritos na tabela 1, em anos.

Tabela 1: Tempo de formação e tempo de atuação em reabilitação pós-AVC em anos das fisioterapeutas entrevistadas.

Experiência profissional	Fisioterapeutas			Média	Desvio Padrão
	F1	F2	F3		
Tempo de formação	31	18	19	22,6	7,23
Tempo em reabilitação pós-AVC	25	15	18	19,3	5,13

Fonte: a autora (2021).

Essas profissionais foram convidadas a discorrer livremente sobre o tema, em conversas que duraram cerca de 40 a 60 minutos, realizadas pela autora deste relatório, acadêmica de Fisioterapia, juntamente com outros membros da equipe de desenvolvimento do jogo – a graduanda em *Design* e o mestrando de Tecnologia em Saúde e especialista em Jogos Digitais. As informações foram gravadas e transcritas de áudio para texto. Realizou-se a análise dos dados transcritos, na qual os desenvolvedores do *serious game* contribuíram com ideias, *insights* e soluções possivelmente pertinentes para a concretização da proposta, definindo critérios adicionais para o projeto.

5.1.3. Definição dos exercícios para o jogo sério

Com base nos dados analisados e nos critérios estabelecidos, definiu-se os parâmetros de desenvolvimento da primeira versão do protótipo do jogo sério para reabilitação motora pós-AVC. Inicialmente, elencou-se as necessidades mais pertinentes ao público envolvido nas terapias, considerando a dinâmica das sessões descritas, os objetivos terapêuticos mencionados e os meios de tratamento comumente utilizados para atingi-los.

Em seguida, definiu-se a modalidade terapêutica a ser utilizada no jogo sério para contemplar os requisitos e objetivos prenunciados, a partir da experiência relatada por uma das fisioterapeutas entrevistadas, que por consenso da equipe, direcionou a escolha pela implementação da dançaterapia como recurso terapêutico associado à tecnologia. A primeira versão de uma coreografia foi criada com base em exercícios usualmente empregados nos atendimentos do público pós-AVC e nos objetivos almejados para o tratamento.

5.1.4. Observação de um atendimento fisioterapêutico pós-AVC

Por meio do convite e anuência de uma das fisioterapeutas entrevistadas, foi possível presenciar um atendimento fisioterapêutico a uma paciente acometida pela patologia há 17 anos (figura 1). Nesta visita de observação, que ocorreu em janeiro de 2021, atestou-se os principais exercícios terapêuticos utilizados, permitindo entender as limitações geradas pelo AVC. O projeto original contemplava um público maior de pacientes para essa fase, todavia, a pandemia não permitiu explorar essa população.

Figura 1: Equipe de desenvolvimento do jogo presenciando um atendimento fisioterapêutico de uma paciente pós-AVC.



Fonte: equipe de desenvolvimento do jogo (2021).

Durante a observação da sessão fisioterapêutica, testou-se a primeira versão da coreografia desenvolvida juntamente à paciente (figura 2), revelando as dificuldades evidenciadas no decorrer a realização do teste. A participante foi convidada a contribuir espontaneamente sobre como se sentia com a execução dos movimentos e a sugerir possíveis adaptações necessárias à viabilidade do produto.

Figura 2: Equipe de desenvolvimento do jogo testando a primeira versão de uma coreografia desenvolvida.



Fonte: equipe de desenvolvimento do jogo (2021).

A partir das adaptações sugeridas pela paciente e discussões recorrentes entre a equipe de desenvolvimento do jogo, desenvolveu-se uma nova coreografia para testar a usabilidade do jogo. A fisioterapeuta integrante do grupo, experiente na utilização da dançaterapia voltada a pacientes neurológicos, produziu uma nova coreografia que foi descrita e compatibilizada com algoritmos de programação do desenvolvedor do jogo. Com essa finalidade, reuniões entre o grupo de desenvolvimento foram realizadas para criar medidas quantitativas relativas aos parâmetros fisioterapêuticos estabelecidos.

5.2. MÉTODO PARA O2

A primeira versão do jogo foi levada pela equipe desenvolvedora até o Hospital de Reabilitação do Paraná para ser testada pelos fisioterapeutas e pacientes do local. A instalação dos equipamentos era de responsabilidade dos pesquisadores, assim como a apresentação do projeto aos voluntários. A tecnologia é representada pelo sistema ARKit 3, da *Apple*, que apresenta funcionalidades para detectar a posição e o movimento do corpo (*body-tracking*). Isso é possível por meio das câmeras do *smartphone* conectado via cabo Lightning-HDMI a uma televisão,

sem necessidade de marcadores corporais ou de processamento computacional, como na figura 3.

Figura 3: Instalação do sistema com espelhamento do celular na televisão.



Fonte: Carlos Rafael Hasselmann Forbeck, Mestrando de Tecnologia em Saúde, Especialista em Jogos Digitais (2021).

A interface do aplicativo apresenta a “área do fisioterapeuta” e a “área do paciente”. O ícone do fisioterapeuta permite que o profissional cadastre os pacientes, altere as configurações e acesse o histórico de evolução dos usuários. Na seção do paciente, tem-se a opção da coreografia a ser selecionada e o botão para iniciar o jogo. O fisioterapeuta deve posicionar o celular com a câmera traseira em direção ao paciente e, assim que o jogador estiver posicionado no centro da tela, o sistema fornecerá os comandos para iniciar a partida. O sistema grava os dados do usuário e calcula, para cada movimento, uma pontuação em tempo real, a exemplo da figura 4. Ao realizar a tarefa proposta, mensagens de incentivo surgem na tela

para motivar o paciente, como “muito bom”, “continue assim”, “excelente”. Ao final da coreografia, o aplicativo exibe os resultados da partida na forma de gráfico (figura 5).

Figura 4: Detecção do sistema e exibição da pontuação.



Fonte: Carlos Rafael Hasselmann Forbeck, Mestrando de Tecnologia em Saúde, Especialista em Jogos Digitais (2021); Luana Kaiss, estudante de *Design* e aluna de Iniciação Científica (IC).

Figura 5: Gráfico de evolução do paciente durante as partidas.



Fonte: Carlos Rafael Hasselmann Forbeck, Mestrando de Tecnologia em Saúde, Especialista em Jogos Digitais (2021); Luana Kaiss, estudante de *Design* e aluna de Iniciação Científica (IC).

O funcionamento desse recurso foi explicado aos 10 fisioterapeutas recrutados, que testaram as configurações e a coreografia desenvolvida, após

anuência por Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). Alguns terapeutas testaram o jogo com os pacientes portadores de AVC, contabilizando 05 voluntários, igualmente mediante consentimento. Neste cenário, os profissionais testaram o protótipo de jogo na perspectiva do fisioterapeuta, configurando o sistema, e também na perspectiva do paciente, testando a coreografia e os elementos do aplicativo.

Após a utilização do protótipo do jogo em uma sessão de terapia, os pesquisadores aplicaram um questionário de satisfação para os fisioterapeutas participantes, a *System Usability Scale* (SUS) validada em Língua Portuguesa (MARTINS *et al.*, 2015) (ANEXO 4). A escala SUS é composta por 10 afirmações pontuadas com 5 pontos de força de concordância (de “concordo totalmente” a “discordo totalmente”), na qual pontuações mais altas indicam melhor usabilidade (BROOKE, 2013). O escore total é calculado a partir da fórmula definida por Brooke, convertendo intervalos de valores de 0 a 100 (BROOKE, 2013).

A estrutura das questões alterna entre afirmações positivas e negativas, a fim de evitar vieses de resposta (BROOKE, 2013). Neste contexto, com base nos atributos de usabilidade de Nielsen, é possível avaliar a facilidade de aprendizado (itens 3,4,7, e 10), eficiência de uso (itens 5,6 e 8), facilidade de memorização (item 2), minimização de erros (item 6) e satisfação subjetiva (itens 1,4 e 9) (BROOKE, 2013; BOUCINHA, 2013).

Convencionou-se que a média de pontuação da escala SUS é de 68 a 70 pontos, em valores relativos e não percentuais (BANGOR; KORTUM; MILLER, 2009). Ao final do questionário, incluiu-se uma pergunta aberta que indagava sugestões de melhoria para o jogo. A análise quantitativa foi realizada em consonância à fórmula predita.

6. RESULTADOS

Admitindo os objetivos de pesquisa estabelecidos, é possível dividir os resultados deste projeto em duas etapas: fase de levantamento de requisitos para o jogo sério e de análise da usabilidade do protótipo desenvolvido.

6.1. ETAPA DE LEVANTAMENTO DE REQUISITOS PARA O JOGO

Os resultados explorados por meio da técnica de *Brainstorming* permitiram sugerir possíveis funcionalidades para o jogo sério, a partir de uma nova subcategorização, que dentre outros resultados, salienta os desafios enfrentados pelos pacientes pontuados pelos fisioterapeutas. Nesse contexto, foi possível focar nas particularidades descritas e desenvolver estratégias para atenuação das limitações evidenciadas, como representado no quadro 1.

Quadro 1. Relação entre desafios enfrentados pelos pacientes pontuados pelos fisioterapeutas entrevistados e as possíveis funcionalidades sugeridas para o jogo sério.

Desafios enfrentados pelos pacientes pontuados pelos fisioterapeutas entrevistados	Possíveis funcionalidades sugeridas para o jogo sério
Influência do estado de saúde geral do paciente (instabilidade do quadro clínico, presença de comorbidades associadas etc.).	Tornar responsabilidade do fisioterapeuta selecionar os exercícios específicos para cada paciente, de acordo com o seu estado de saúde.
Dificuldade no acesso à terapia (transporte, acessibilidade, dependência de cuidadores etc.)	Favorecer a utilização do jogo em ambiente domiciliar.
Dificuldade de perceber o progresso na terapia (episódios de frustração, visar o retorno às características anteriores à instalação da doença etc.)	Fornecer feedback de correção e motivação, com oferta de recompensas virtuais, demonstração da pontuação etc.

Fonte: equipe de desenvolvimento do jogo (2020).

Outrossim, como resultado das entrevistas realizadas com fisioterapeutas para compreender a dinâmica dos atendimentos pós-AVC, identificou-se as principais necessidades a serem atingidas pelo jogo sério. Dentre tais necessidades, presume-se a repetição dos exercícios, a evolução do tratamento e a variabilidade dos movimentos a serem aprendidos, assim como o provimento de feedback de desempenho. Além disso, o tratamento fisioterapêutico convencional visa atender

aos seguintes objetivos terapêuticos no contexto do AVC: ganhar ou manter a amplitude de movimento (ADM); treinar o equilíbrio e a marcha; promover a dissociação de cinturas escapular e pélvica; obter controle de tronco; promover a tomada de peso; fortalecer a musculatura debilitada; melhorar a função cardiorrespiratória e recuperar as atividades funcionais.

Para atingir tais objetivos fisioterapêuticos, optou-se pela associação de um jogo sério fundamentado pela dançaterapia. Deste modo, o jogo em desenvolvimento portará opções de coreografias baseadas nos objetivos fisioterapêuticos no acidente vascular cerebral, permitindo que o paciente se reabilite enquanto dança. A primeira versão da coreografia com música desenvolvida proporcionou a definição dos exercícios terapêuticos, associando objetivos terapêuticos e critérios de qualidade para detecção do sistema. O quadro 2 ilustra esse mecanismo, exemplificando a descrição de um dos movimentos realizados.

Quadro 2. Descrição de um dos movimentos da primeira coreografia desenvolvida.

Movimento	Música	Objetivos terapêuticos	Crítérios de qualidade
Ocorre abdução de ombro com leve extensão e flexão de cotovelos, independente de cada membro, seguida pela flexão de ombro. O tronco se mantém ereto, acompanhando o movimento. Os membros inferiores transferem peso, a partir da abdução de quadril.	Letra: “So do your dance Do your dance”. Tempo: 00:06-00:09.	Principal: transferência de peso de membros inferiores. Secundários: amplitude de movimento de membros superiores e coordenação motora.	I. Transferência de peso de membros inferiores. • 100% (excelente): realizou transferência de peso para ambos os membros inferiores e permitiu o deslocamento do corpo; • 75% (ótimo): realizou transferência de peso para ambos os membros inferiores sem deslocar o corpo; • 50% (muito bom):

			transferiu peso somente para um dos membros, elevando-os; • 25% (bom): transferiu peso sem elevar o membro ou deslocar-se. II. ADM de membros superiores. Graus de angulação para o movimento de flexão de ombro: • 100% (excelente): 136 a 180°; • 75% (ótimo): 91° a 135°; • 50% (muito bom): 46° a 90°; • 25% (bom): 01° a 45°.
--	--	--	--

Fonte: a autora (2021).

A primeira fase de testes iniciada propiciou a readaptação dos movimentos, como por meio redução da quantidade de passos da dança, variações de velocidade da música e suporte ao hemicorpo afetado pela doença. A nova coreografia desenvolvida apresenta a medida de avaliação fisioterapêutica baseada na goniometria dos membros, comprimento e altura do passo e número de repetições da pose a ser detectada pelo sistema. Assim, para cada passo de dança, presumiu-se os objetivos terapêuticos correspondentes ao movimento e a mensuração quantitativa para ser considerada na pontuação geral do jogo.

6.2. ETAPA DE ANÁLISE DA USABILIDADE DO JOGO

A aplicação do questionário de usabilidade e satisfação do sistema gerou os seguintes resultados: a média obtida do escore total foi de 93,5; com desvio padrão de 7,18; valor mínimo de 77,5 e máximo de 100. A figura 6 indica a relação entre cada item da escala e pontuação de cada terapeuta (T), dentre os 10 participantes, média e desvio padrão (DV) do escore. As siglas em cores se referem aos atributos de Nielsen supramencionados: (A) facilidade de aprendizado; (E) eficiência de uso; (ER) minimização de erros; (M) facilidade de memorização; (S) satisfação subjetiva.

Figura 6: Relação entre itens da escala SUS e pontuação dos terapeutas, média e desvio padrão do escore.

	S	M	A	A/S	E	E/ER	A	E	S	A	
	Item 1	Item 2	Item 3	Item 4	Item 5	Item 6	Item 7	Item 8	Item 9	Item 10	RESULTADO
T1	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	97,5
T2	3	1	4	4	3	4	4	4	4	4	87,5
T3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	100
T4	3	3	3	4	3	1	3	4	3	4	77,5
T5	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	97,5
T6	4	4	4	4	4	4	3	3	4	3	92,5
T7	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	100
T8	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	100
T9	4	1	4	4	4	4	4	4	4	4	92,5
T10	4	4	4	3	3	3	4	4	3	4	90
MÉDIA	3,8	3,3	3,9	3,8	3,7	3,6	3,8	3,9	3,7	3,9	93,5
DV	0,4	1,2	0,3	0,4	0,4	0,9	0,4	0,3	0,5	0,3	7,2

Fonte: a autora (2021).

Além do exposto, a pergunta aberta incluída ao final do questionário identificou propostas de melhorias para o jogo sério em desenvolvimento, descritas na tabela 2.

Tabela 2: Sugestões oferecidas pelos fisioterapeutas para implementação de melhorias no protótipo avaliado.

Sugestões dos fisioterapeutas	Frequência de respostas entre os participantes
Introduzir níveis diversos de dificuldade (de coreografias lentas a rápidas).	10 respostas

Aumentar número de repetições de um mesmo movimento.	4 respostas
Adicionar estilos musicais diversos.	4 respostas
Produzir coreografias para segmentos e/ou membros corporais.	2 respostas
Produzir coreografias que contemplem a integração bilateral dos membros de forma autoassistida.	2 respostas
Aproximar a imagem do vídeo a ser imitado.	2 respostas
Adequar a área de menu do jogo separando configurações da <i>performance</i> .	1 resposta
Melhorar o foco e o contraste do jogo para diversos tipos de objetivos terapêuticos.	1 resposta

Fonte: equipe de desenvolvimento do jogo (2021).

7. DISCUSSÃO

A abordagem metodológica utilizada na pesquisa segue recomendações do *design* de jogos centrado no usuário, compreendendo os estágios de (I) realização de entrevistas; (II) estudos observacionais; (III) *brainstorming*; (IV) elaboração do protótipo; e (V) testagem e avaliação da usabilidade, citados por Lange *et al.* (2010). As entrevistas permitem a coleta de dados qualitativos de fácil utilização, enquanto os estudos observacionais são como testes de jogo, úteis para identificar processos envolvidos na atividade do jogo. O *Brainstorming* sintetiza as informações coletadas nas fases anteriores para definir o problema do jogo, favorecendo a construção de um protótipo que inicie o ciclo de testes. Ao final, é possível determinar se o jogo é

divertido, se os gráficos são apropriados e se a tarefa atinge os objetivos terapêuticos vislumbrados (LANGE *et al.*, 2010).

Os resultados do estudo demonstram que um dos requisitos para o desenvolvimento do jogo sério é suprimir certos desafios enfrentados pelos pacientes por meio de funcionalidades habilitadas no sistema (quadro 1). Em suma, é preciso que o jogo tenha a possibilidade de personalização do exercício para cada usuário, junto ao monitoramento do paciente e explicitação de *feedbacks* por parte do profissional. Essa ferramenta é importante para tornar a terapia mais motivadora e gerar maior adesão do paciente, uma vez que proporciona segurança durante a atividade por abordar um tratamento voltado às necessidades específicas do indivíduo (BORGHESE *et al.*, 2013; LAUTERBACH *et al.*, 2013; SUBRAMANIAN *et al.*, 2020).

A dificuldade no acesso à terapia também foi evidenciada, sugerindo que a realização de exercícios em âmbito domiciliar pode ser uma saída viável para pacientes que não conseguem receber atendimento presencialmente em clínicas e hospitais de reabilitação. O acompanhamento do profissional é essencial e deve ser facilitado por meio do sistema do jogo, com gravações de dados biomecânicos, exibição de prontuário eletrônico e registro de evoluções do quadro. Nesse contexto, dispositivos portáteis são preferíveis, uma vez que dispensam a utilização de marcadores corporais e o processamento computacional (BROCANELLI, 2016; CHOI *et al.*, 2016; Vico VR, 2020).

Adicionalmente, a etapa de levantamento de requisitos permitiu entender a dinâmica dos atendimentos fisioterapêuticos voltados ao público pós-AVC por meio de conversas com fisioterapeutas experientes. A necessidade de repetição dos exercícios, de variabilidade e de *feedback* sensorial está relacionada à neuroplasticidade cerebral, a fim de favorecer a fixação do ato motor (OLIVEIRA; SALINA; ANNUNCIATO, 2001). A realidade virtual na reabilitação é estrategicamente viável, visto que favorece a indução de tais engramas motores (JURAS *et al.*, 2019).

Nesse aspecto, justifica-se que o sistema nervoso central apresenta capacidade excitatória e inibitória, tendo como função primordial a inibição da

atividade incoordenada ou indesejada, facilitação de funções pertinentes e possibilidade de armazenamento de informações. A esse processo, dá-se o nome de plasticidade, a qual consiste em todo o desenvolvimento da aprendizagem, assimilação, estimulação e facilitação, e que é proporcional ao êxito da reabilitação. Todavia, o desenvolvimento humano também depende da intensidade e variação da estimulação à qual o indivíduo é exposto, sendo estas diretamente proporcionais ao diâmetro das fibras nervosas e, conseqüentemente, das sinapses (DAVIES, 1996).

Nesse contexto, considerando os objetivos terapêuticos estabelecidos, optou-se por combinar o jogo sério à dançaterapia, visto que esta modalidade terapêutica é capaz de compilar os principais requisitos evidenciados, como a otimização da aprendizagem motora, manutenção ou ganhos funcionais e melhora do estado psicoemocional, favorecendo aspectos motores, psicológicos e sociais na população acometida por acidente vascular cerebral (CALIL *et al.*, 2007).

Para essa finalidade, o desenvolvimento do jogo sério exigiu a quantificação de medidas fisioterapêuticas em compatibilização à detecção do sistema do jogo, associando conhecimentos dessa expertise à tecnologia de programação em jogos digitais. A goniometria foi utilizada para mensurar os ângulos articulares (SANTOS *et al.*, 2011), partindo de pontos de referências específicos combinados entre os pesquisadores, uma vez que a detecção do sistema é prejudicada em alguns planos de movimento, inferindo a adaptação da coreografia em relação à medição angular. Além disso, a fim de não gerar frustrações entre os usuários do jogo (BURKE *et al.*, 2009; BORGHESE *et al.*, 2013), os critérios de recompensa e as pontuações consistem em afirmações positivas, variando entre “excelente” e “bom” (quadro 2) e revelando as potencialidades dos jogadores.

Por fim, a última etapa do estudo contemplou a análise da usabilidade do jogo por meio da escala SUS, considerada um “padrão da indústria” no que se refere à avaliação da satisfação do usuário frente a usabilidade, uma vez que avalia possíveis inconsistências no sistema de forma rápida (BANGOR; KORTUM; MILLER, 2008; MARTINS *et al.*, 2015; PADRINI-ANDRADE *et al.*, 2019). Nesta pesquisa, a média obtida do escore total (figura 6) indica resultado satisfatório sobre

o protótipo do jogo sério avaliado, classificada de forma adjetiva como “melhor imaginável” (BANGOR; KORTUM; MILLER, 2008).

Ademais, a questão discursiva adicionada ao final do questionário direcionou a promoção de adaptações às novas versões do jogo (tabela 2), dada a necessidade de incluir, dentre outras propostas, níveis diversos de desafio ao protótipo por consenso entre os terapeutas entrevistados, o que corrobora com estudos de Kumar *et al.* (2019). Os jogos baseados em exercícios são capazes de oferecer exercícios de intensidade baixa à moderada, treinamento orientado à tarefa e maximização do aprendizado motor (PERROCHON *et al.*, 2019).

A necessidade de repetição do movimento também é mencionada pelos participantes. Segundo Davies (1996), a perspectiva fisioterapêutica, no cenário de reabilitação pós-AVC, deve enfatizar padrões de movimentos naturais, isto é, fisiologicamente apropriados, propondo-se a suscitar o progresso dos pacientes por meio da repetição. Além disso, aumentar a tela de vídeo do jogo se sustenta pela tese de Sardi, Schuster e Calage Alvarenga (2012), uma vez que diante do *biofeedback* visual desenvolvido como ferramenta de aprendizagem motora e autocorreção, estimula-se a plasticidade neural e gera um reforço positivo para o paciente, facilitando a formação e o aperfeiçoamento dos exercícios executados durante a utilização da realidade virtual.

Seguindo as etapas de Pirovano *et al.* (2016), presume-se a adaptação do exercício para o âmbito virtual, uma vez que pacientes pós-AVC podem enfrentar problemas na realização de tarefas devido aos comprometimentos sensoriais, de atenção, de compreensão e de aprendizagem (COSTA; SILVA; ROCHA, 2011). Logo, a realização deste projeto ocorre em estágios de desenvolvimento metodológico, elaboração de resultados, testagem dos resultados e readaptação do protótipo, até a obtenção de um produto que satisfaça o público-alvo abordado.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do explicitado, a pesquisa apresentada completou os objetivos estabelecidos. Por meio da abordagem centrada em múltiplos usuários, levantou-se

os requisitos para o jogo sério, identificando os fatores inerentes ao processo de reabilitação pós-AVC, como as metas terapêuticas a serem atingidas, as motivações e dificuldades desse público. A análise da usabilidade revelou resultados acima da média estabelecida pela literatura para a escala SUS, com valor médio de satisfação geral dos usuários de $93,5 \pm 7,2$. Tais repercussões demonstram que o produto é eficiente e de fácil utilização. A participação dos fisioterapeutas e pacientes permitiu a adaptação do protótipo para as próximas versões de teste, com melhorias referentes ao *design* do jogo, redução da velocidade e da quantidade de passos da coreografia, bem como a ampliação do *game* em consonância aos objetivos terapêuticos da reabilitação.

9. OUTRAS ATIVIDADES REALIZADAS

A estudante participou de reuniões semanais do grupo de pesquisa da orientadora, apresentando dados relevantes encontrados na literatura para o desenvolvimento do projeto, contribuindo também para a equipe “S&T Human Motor Control”. Os encontros compreendem a apresentação dos trabalhos em andamento ou já desenvolvidos e grupos de estudo referentes à biomecânica, estatística e escrita científica. Além disso, existe um artigo em elaboração por parte da autora deste relatório com base no levantamento de requisitos e funcionalidades realizado.

REFERÊNCIAS

ADA, L.; DORSCH, S.; CANNING, C. G. Strengthening interventions increase strength and improve activity after stroke: A systematic review. **Australian Journal of Physiotherapy**, v. 52, n.4, p. 241-248, 2006.

ARAÚJO, M. et al. ARTIGO ORIGINAL Realidade virtual : efeitos na recuperação do membro superior de pacientes he- miparéticos por acidente vascular cerebral. **Arg Catarin Med**, v.43, n.1, p.15–20, 2014.

BANGOR, A., KORTUM, P. T.; MILLER, J. T. Determining what individual SUS scores mean: Adding an adjective rating scale. **Journal of Usability Studies**, v.4, n.3, p.114-123, 2009.

BARROS, S.L.A.; PASSOS, N.R.S.; NUNES, M.A.S.N. Breve estudo do estado da arte sobre acidente vascular cerebral e serious games para aplicação no projeto “AVC” do núcleo de tecnologia assistiva da UFS. **Revista GEINTEC**, v.3, n.1, p. 121-143, 2012.

BORGHESE, N. A. *et al.* Computational Intelligence and Game Design for Effective At-Home Stroke Rehabilitation. **Games for Health Journal**, v.2, n.2, p.81–88, 2013.

BOUCINHA, R.M. Avaliação de Ambiente Virtual de Aprendizagem com o uso do SUS - System Usability Scale. **CINTED-UFRGS**, v.11, n.3, 2013.

BRASIL, MINISTÉRIO DA SAÚDE, **Acidente Vascular Cerebral (AVC)**, 2015, Disponível em: <http://bvsmms.saude.gov.br/dicas-em-saude/2188-avc-acidente-vascular-cerebral>.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. SECRETARIA DE ATENÇÃO À SAÚDE. DEPARTAMENTO DE AÇÕES PROGRAMÁTICAS ESTRATÉGICAS. **Diretrizes de Atenção à Reabilitação da Pessoa com Acidente Vascular Cerebral**, 2013.

BROCANELLI, J. **App promete recuperar pacientes com AVC**. Jornal do campus – USP/SP. 2016. Disponível em: <http://www.jornaldocampus.usp.br/index.php/2016/11/app-promete-recuperar-pacientes-com-avc/>. Acesso em 27 jan. 2021.

BROOKE, J. SUS: a retrospective. **J Usability Stud**, v.8, p.29-40, 2013.

BURKE, J. W. *et al.* Optimising engagement for stroke rehabilitation using serious games. **The Visual Computer**, v.25, n.12, p.1085, 2009.

CALIL, S.R. *et al.* Reabilitação por meio da dança: uma proposta fisioterapêutica em pacientes com sequela de AVC. **Rev Neurocienc**, 2007, v.15, n.3, p.195-202.

CARGNIN, D.G. **Desenvolvimento e Avaliação de Um Sistema de Jogos Sérios Baseado em Interfaces Naturais Para Reabilitação de Membros Superiores**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Informática, Rio Grande do Sul, 2015.

COSTA, F.A.; SILVA, D.L.A.; ROCHA, V.M. Estado neurológico e cognição de pacientes pós-acidente vascular cerebral. **Rev Esc Enferm USP**, v.45, n.5, p.1083-8, 2011.

DAVIES, P. M. **Passos a seguir**: um manual para tratamento da hemiplegia no adulto. 1. ed. São Paulo: Manole, 1996, p.3-12.

DE CARVALHO et al. Stroke Epidemiology, Patterns of Management, and Outcome in Fortaleza, Brazil. **Stroke**, v.42, n.12, p.3341-3346, 2011.

DE GLORIA, A. Serious games for education and training. **International Journal of Serious Games**, v.1, n.1, p.1, 2014.

GALVÃO, M. L. C. *et al.* Efeito da Realidade virtual na função Motora do membro superior parético pós-acidente vascular cerebral. **Revista Neurociencias**, v.23, n.4, p.493–498, 2015.

JURAS, G. *et al.* Standards of Virtual Reality Application in Balance Training Programs in Clinical Practice: A Systematic Review. **Games for Health Journal**, v. 8, n. 2, p.101–111, 2019.

LANGE, B. *et al.* Development of an interactive game-based rehabilitation tool for dynamic balance training. **Topics in Stroke Rehabilitation**, v.17, n.5, p.345–352, 2010.

LAUTERBACH, S. A. *et al.* Computer Games as Therapy for Persons with Stroke. **Games for Health Journal**, v.2, n.1, p. 24–28, 2013.

MARTEL, M.R.F.; COLUSSI, E.L.; MARCHI, A.C.B.D. Efeitos da intervenção com game na atenção e na independência funcional em idosos após acidente vascular encefálico. **Fisioter Pesq**, v.23, n.1, 2016.

MARTINS, A.I. *et al.* European Portuguese validation of the System Usability Scale (SUS). **Procedia Computer Science**, v. 67, 2015, p. 293 – 300.

MATHERS, C.D.; LOCAR, D. Projections of Global Mortality and Burden of Disease from 2002 to 2030. **Plos Medicine**, v. 3, 2006.

OLIVEIRA, C.E.N; SALINA, M.E.; ANNUNCIATO, N.F. Fatores ambientais que influenciam a plasticidade do SNC. **Acta Fisiátrica**, v.8, n.1, p.6-13, 2001.

OLIVEIRA, M. P. B. DE *et al.* Virtual reality applied to the lower limb motor function in

post-stroke individuals. **Acta Fisiátrica**, v.23, n.3, p.135–139, 2016.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE AVC (WORLD STROKE ORGANIZATION). **Strategy 2016-2020**. Disponível em: https://www.world-stroke.org/assets/downloads/WSO_strategy_CONCISE_FINAL.pdf. Acesso em 27 jan. 2021.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. **Manual STEPS de Acidentes Vasculares Cerebrais da OMS**: enfoque passo a passo para a vigilância de acidentes vasculares cerebrais. Organização Mundial da Saúde: Genebra; 2006.

O'SULLIVAN, S. B.; SCHMITZ, T. J. **Fisioterapia**: avaliação e tratamento. Barueri, SP: Manole, 5. ed., 2010. p.411, p. 764-798.

PADRINI-ANDRADE, L. *et al.* Avaliação da usabilidade de um Sistema de Informação em Saúde Neonatal segundo a percepção do usuário. **Rev Paul Pediatr**, v.37, n.1, p.90-96, 2019.

PASQUAL, T.B. **Desenvolvimento de um jogo para reabilitação de pessoas que sofreram AVC, baseado no exame de cognição ACE-R**. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica e Área de Concentração em Dinâmica das Máquinas e Sistemas, São Carlos, 2018.

PAVÃO, S.L. *et al.* Ambiente virtual como interface na reabilitação pós-AVE: relato de caso. **Fisioterapia em Movimento**, v. 26, n.2, p. 455-462, 2013.

PERROCHON, A. *et al.* Exercise-based games interventions at home in individuals with a neurological disease: A systematic review and meta-analysis. **Annals of Physical and Rehabilitation Medicine**, v.62, n.5, p. 366–378, 2019.

PIROVANO, M. *et al.* Exergaming and rehabilitation: A methodology for the design of effective and safe therapeutic exergames. **Entertainment Computing**, v.14, p.55–65, 2016.

POMPEU, J. E. *et al.* Os efeitos da realidade virtual na reabilitação do acidente vascular encefálico: Uma revisão sistemática. **Motricidade**, v.10, n. 4, p.106–117, 2014.

REDE BRASIL AVC. **Campanha Mundial de AVC no Brasil 2020**. Disponível em: <http://www.redebrasilavc.org.br/campanha-mundial-de-avc-no-brasil/>.

SAMPAIO, L.M.M. Does Virtual Reality-based Kinect Dance Training Paradigm Improve Autonomic Nervous System Modulation in Individuals with Chronic Stroke? **J Vasc Interv Neurol**, v.9, n.2, p.21–29, 2016.

SANTOS, J.D.M. Confiabilidade inter e intraexaminadores nas mensurações angulares por fotogrametria digital e goniometria. **Fisioter. Mov**, Curitiba, v. 24, n.3, p. 389-400, 2011.

SANTOS, L.B.D.; WATERS, C. Perfil epidemiológico dos pacientes acometidos por acidente vascular cerebral: revisão integrativa. **Braz. J. of Develop.**, Curitiba, v.6, n. 1,p.2749- 2775, 2020.

SARDI, M. D.; SCHUSTER, R. C.; CALAGE ALVARENGA, L. F. Efeitos Da Realidade Virtual Em Hemiparéticos Crônicos Pós Acidente Vascular Encefálico. **Revista Brasileira de Ciências da Saúde - USCS**, v. 10, n. 32, p. 29–35, 2012.

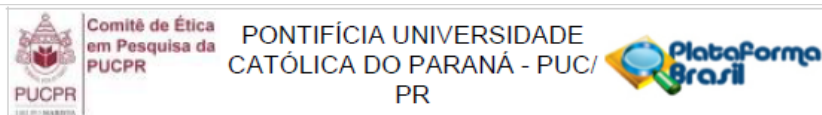
SUBRAMANIAN, S. *et al.* Assessing Motivational Differences between Young and Older Adults When Playing an Exergame. **Games for Health Journal**, v.9, n.1, p.24–30, 2020.

VICO VR. 2020. Disponível em: <http://vicovr.com>.

VOGT, S. *et al.* Virtual reality interventions for balance prevention and rehabilitation after musculoskeletal lower limb impairments in young up to middle-aged adults: A comprehensive review on used technology, balance outcome measures and observed effects. **International Journal of Medical Informatics**, v. 126, n. January, p. 46–58, 2019.

WEBSTER, D.; CELIK, O. Systematic review of Kinect applications in elderly care and stroke rehabilitation. **Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation**, v.11, n.1, p. 1-24, 2014.

World Stroke Organization. **Health statistics and information systems**. Disponível em: <https://apps.who.int/healthinfo/statistics/mortality/whodpms/barcharts/barchart.php>.

ANEXO 1 – PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP (PROJETO DE ORIGEM)**PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP****DADOS DO PROJETO DE PESQUISA**

Título da Pesquisa: Desenvolvimento de Jogos Sérios para Auxílio à Reabilitação Pós AVC

Pesquisador: Elisangela Ferretti Manfrea

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 25564919.2.0000.0020

Instituição Proponente: Pontifícia Universidade Católica do Paraná - PUCPR

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 3.855.085

Apresentação do Projeto:

Segundo a pesquisadora: "Esse projeto visa o desenvolvimento de jogos sérios para reabilitação motora pós -AVC a partir do levantamento de necessidades de serviços de saúde que oferecem fisioterapia para esse público. Serão realizadas visitas de observação e entrevistas com fisioterapeutas, pacientes e cuidadores a fim de levantar informações que possam auxiliar no desenvolvimento do jogo sério. Será elaborado um protótipo de jogo sério, usando um smart phone Apple e uma ferramenta de realidade aumentada. A precisão dos dados biomecânicos fornecidos pelo protótipo será avaliada no

Laboratório de Motricidade Humana da PUCPR, comparando-os com aqueles obtidos pelo sistema Vicon (padrão ouro). A usabilidade do sistema será avaliada aplicando-se uma escala ("system usability scale") já validada em língua portuguesa."

Ainda: "A metodologia demandará a participação de 3 grupos de voluntários para levantar as necessidades a serem atendidas pelo jogo sério para atingir os objetivos terapêuticos da reabilitação motora pós-AVC e avaliar o protótipo segundo critérios de usabilidade.

Esses grupos serão compostos por pacientes, cuidadores e terapeutas de clínicas e hospitais que prestam atendimento a pacientes pós-AVC em fase crônica ou subaguda. Será também necessária a participação de um grupo de indivíduos hígidos (GH) somente para avaliar a confiabilidade dos dados biomecânicos capturados pelo jogo."

Endereço: Rua Imaculada Conceição 1155
 Bairro: Prado Velho CEP: 80.215-901
 UF: PR Município: CURITIBA
 Telefone: (41)3271-2103 Fax: (41)3271-2103 E-mail: nep@pucpr.br

Página 01 de 04



Comitê de Ética
em Pesquisa da
PUCPR

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE
CATÓLICA DO PARANÁ - PUC/
PR



Continuação do Parecer: 3.855.085

Objetivo da Pesquisa:

No projeto foi descrito o seguinte objetivo da pesquisa:

- 1) Primário: "O objetivo geral desse projeto é desenvolver um jogo sério para auxílio à reabilitação motora pós-AVC, que responda às necessidades reais e forneçam informações baseadas em dados biomecânicos para auxílio a decisões terapêuticas."
- 2) Específicos: "OE1: Levantar as necessidades a serem atendidas pelo jogo sério para atingir os objetivos terapêuticos da reabilitação motora pós-AVC. OE2: Desenvolver um protótipo de jogo, com foco no gameplay, de forma a buscar e criar novas técnicas de game design e gamificação para melhor engajar pessoas com AVC. OE3: Avaliar o protótipo segundo critérios de usabilidade. OE4: Avaliar a confiabilidade dos dados biomecânicos capturados pelo jogo sério."

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

A pesquisadora elenca no projeto, os seguintes Riscos e Benefícios da pesquisa:

- 1) Riscos: "Riscos para os grupos GP, GC e GF: Ser exposto a riscos mínimos como cansaço, desconforto pelo tempo gasto durante as observações e entrevista, e ao lembrar algumas sensações diante do vivido com situações desgastantes. Para minimizar tais riscos, nós pesquisadores tomaremos as seguintes medidas: Se isto ocorrer, as atividades poderão ser interrompidas e retomá-las posteriormente, se assim a pessoa desejar. Riscos para o grupo de hígidos: Sentir-se envergonhado por estar com algumas partes do corpo expostas, sentir algum desconforto durante a colagem dos marcadores. Um risco muito baixo é de ter alergia à cola dos marcadores. Para minimizar tais riscos, nós pesquisadores tomaremos as seguintes medidas: não haverá pessoas no laboratório que não estejam envolvidas na pesquisa; a colagem dos marcadores será realizada por acadêmico ou professor do curso de Fisioterapia; a cola dos marcadores é hipoalergênica.

"

2) Benefícios: "Benefícios para os grupos GP, GC e GF: Futuramente o paciente poderá utilizar nas sessões de terapias os softwares desenvolvidos nessa pesquisa, desde que possua os equipamentos necessários, aumentando assim a autonomia e a independência do paciente em suas atividades. Benefícios para o grupo GH: Não haverá benefícios."

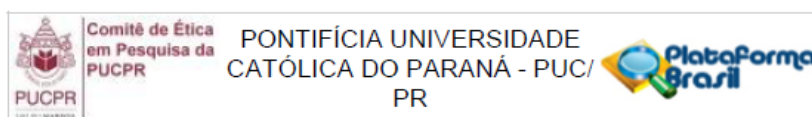
Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Vide campo Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Endereço: Rua Imaculada Conceição 1155
 Bairro: Prado Velho CEP: 80.215-901
 UF: PR Município: CURITIBA
 Telefone: (41)3271-2103 Fax: (41)3271-2103 E-mail: nep@pucpr.br

Página 02 de 04



Continuação do Parecer: 3.855.085

Foram apresentados todos os termos obrigatórios, em conformidade com as Resoluções nºs 466/12 e 510/16, ambas do CNS.

Vide campo Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Projeto de pesquisa aprovado, pois em consonância com os ditames éticos e legais das Resoluções nºs 466/12 e 510/16, ambas do CNS.

Considerações Finais a critério do CEP:

Lembramos aos senhores pesquisadores que, no cumprimento da Resolução 466/12, o Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) deverá receber relatórios anuais sobre o andamento do estudo, bem como a qualquer tempo e a critério do pesquisador nos casos de relevância, além do envio dos relatos de eventos adversos, para conhecimento deste Comitê.

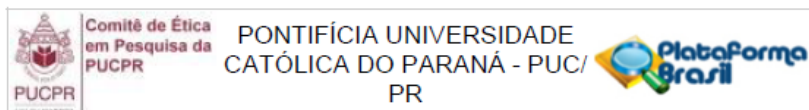
Salientamos ainda, a necessidade de relatório completo ao final do estudo. Eventuais modificações ou emendas ao protocolo devem ser apresentadas ao CEP-PUCPR de forma clara e sucinta, identificando a parte do protocolo a ser modificado e as suas justificativas.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1467331.pdf	02/12/2019 14:09:12		Aceito
Outros	Questoes_cuidador.docx	02/12/2019 14:08:26	Elisangela Ferretti Manfra	Aceito
Outros	Questoes_pacientes.docx	02/12/2019 14:07:34	Elisangela Ferretti Manfra	Aceito
Outros	Questoes_terapeutas.docx	02/12/2019 14:06:40	Elisangela Ferretti Manfra	Aceito

Outros	Quadro1_Infor.docx	02/12/2019 14:05:53	Elisangela Ferretti Manfra	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	Autorizacao_ClinicaPUCPR.pdf	02/12/2019 14:04:55	Elisangela Ferretti Manfra	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	declaracao_instituicaoHR.pdf	02/12/2019 14:03:58	Elisangela Ferretti Manfra	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de	TCLE_Grupo_Higidos_V2.docx	02/12/2019 13:58:38	Elisangela Ferretti Manfra	Aceito

Endereço: Rua Imaculada Conceição 1155
 Bairro: Prado Velho CEP: 80.215-901
 UF: PR Município: CURITIBA
 Telefone: (41)3271-2103 Fax: (41)3271-2103 E-mail: nep@pucpr.br



Continuação do Parecer: 3.855.085

Ausência	TCLE_Grupo_Higidos_V2.docx	02/12/2019 13:58:38	Elisangela Ferretti Manfra	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_Terapeutas.docx	02/12/2019 13:58:20	Elisangela Ferretti Manfra	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_Paciente.docx	02/12/2019 13:58:10	Elisangela Ferretti Manfra	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_Cuidador.docx	02/12/2019 13:58:03	Elisangela Ferretti Manfra	Aceito
Parecer Anterior	PB_PARECER_CONSUBSTANCIADO_CEP_3715537.pdf	02/12/2019 13:57:44	Elisangela Ferretti Manfra	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	PROJETO_CEP_2019_11_27.docx	02/12/2019 13:57:04	Elisangela Ferretti Manfra	Aceito
Folha de Rosto	FolhaRosto_ProjetoJogos.pdf	12/11/2019 12:30:39	Elisangela Ferretti Manfra	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

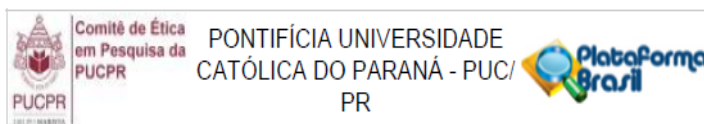
Necessita Apreciação da CONEP:

Não

CURITIBA, 23 de Fevereiro de 2020

Assinado por:
Ana Carla Efig
(Coordenador(a))

ANEXO 2 – PARECER CONSUBSTANCIADO CEP (EMENDA)



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DA EMENDA

Título da Pesquisa: Desenvolvimento de Jogos Sérios para Auxílio à Reabilitação Pós AVC

Pesquisador: Elisangela Ferretti Manfra

Área Temática:

Versão: 3

CAAE: 25564919.2.0000.0020

Instituição Proponente: Pontifícia Universidade Católica do Paraná - PUCPR

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 3.963.526

Apresentação do Projeto:

A pesquisadora apresenta a seguinte justificativa de Emenda ao Projeto: "Em decorrência das atuais medidas para enfrentamento da emergência de saúde pública de importância internacional decorrente do coronavírus responsável pelo surto de 2019" estabelecidas pela Lei 13.979/2020, sancionada pelo Presidente da República Jair Messias Bolsonaro em consonância ao Congresso Nacional, prevê-se mecanismos com vistas a conter o avanço da doença e reduzir a propagação do vírus, os quais incluem a quarentena e o isolamento. A quarentena refere-se à restrição de atividades por pessoas que ainda não contraíram o vírus, a fim de resguardar a coletividade. Isto posto, infere-se a necessidade de readaptação da pesquisa para o ambiente virtual, eletrônico e telefônico, visando atenuar o retardo do projeto em andamento sem prejudicar os participantes e pesquisadores envolvidos."

Objetivo da Pesquisa:

O objetivo da emenda, segundo a pesquisadora, é a "readaptação da pesquisa para o ambiente virtual, eletrônico e telefônico, visando atenuar o retardo do projeto em andamento sem prejudicar os participantes e pesquisadores envolvidos."

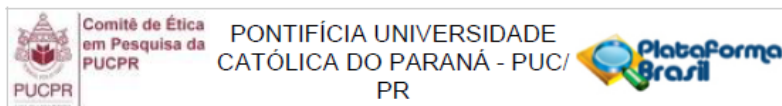
Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Não se aplica.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Vide campo Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações.

Endereço: Rua Imaculada Conceição 1155
 Bairro: Prado Velho CEP: 80.215-901
 UF: PR Município: CURITIBA
 Telefone: (41)3271-2103 Fax: (41)3271-2103 E-mail: nep@pucpr.br



Continuação do Parecer: 3.953.526

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Foram apresentados todos os termos obrigatórios, em conformidade com as Resoluções n°s 466/12 e 510/16, ambas do CNS.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Emenda aprovada pois em consonância com os ditames éticos e legais das Resoluções n°s 466/12 e 510/16, ambas do CNS.

Considerações Finais a critério do CEP:

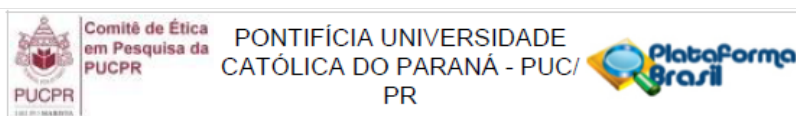
Lembramos aos senhores pesquisadores que, no cumprimento da Resolução 466/12, o Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) deverá receber relatórios anuais sobre o andamento do estudo, bem como a qualquer tempo e a critério do pesquisador nos casos de relevância, além do envio dos relatos de eventos adversos, para conhecimento deste Comitê.

Salientamos ainda, a necessidade de relatório completo ao final do estudo. Eventuais modificações ou emendas ao protocolo devem ser apresentadas ao CEP-PUCPR de forma clara e sucinta, identificando a parte do protocolo a ser modificado e as suas justificativas.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

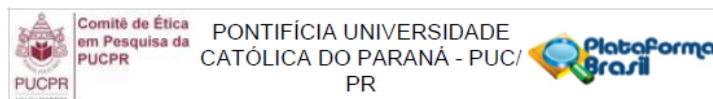
Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_1530421_E1.pdf	23/03/2020 18:53:58		Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_TERAPEUTASS.docx	23/03/2020 18:33:44	LUANA MARCELA DE MIRANDA	Aceito
Outros	EMENDA_CAAE25564919200000020.docx	23/03/2020 18:31:24	LUANA MARCELA DE MIRANDA	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_CUIDADORES.docx	23/03/2020 18:29:55	LUANA MARCELA DE MIRANDA	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_PACIENTES.docx	23/03/2020 18:29:32	LUANA MARCELA DE MIRANDA	Aceito
Outros	Questoes_cuidador.docx	02/12/2019 14:08:26	Elisangela Ferretti Manfira	Aceito
Outros	Questoes_pacientes.docx	02/12/2019	Elisangela Ferretti	Aceito

Endereço: Rua Imaculada Conceição 1155
 Bairro: Prado Velho CEP: 80.215-901
 UF: PR Município: CURITIBA
 Telefone: (41)3271-2103 Fax: (41)3271-2103 E-mail: nep@pucpr.br



Continuação do Parecer: 3.963.526

Outros	Questoes_pacientes.docx	14:07:34	Manfira	Aceito
Outros	Questoes_terapeutas.docx	02/12/2019 14:06:40	Elisangela Ferretti Manfira	Aceito
Outros	Quadro1_Infor.docx	02/12/2019 14:05:53	Elisangela Ferretti Manfira	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	Autorizacao_ClinicaPUCPR.pdf	02/12/2019 14:04:55	Elisangela Ferretti Manfira	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	declaracao_instituicaoHR.pdf	02/12/2019 14:03:58	Elisangela Ferretti Manfira	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_Grupo_Higidos_V2.docx	02/12/2019 13:58:38	Elisangela Ferretti Manfira	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_Terapeutas.docx	02/12/2019 13:58:20	Elisangela Ferretti Manfira	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_Paciente.docx	02/12/2019 13:58:10	Elisangela Ferretti Manfira	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_Cuidador.docx	02/12/2019 13:58:03	Elisangela Ferretti Manfira	Aceito
Parecer Anterior	PB_PARECER_CONSUBSTANCIADO_CEP_3715537.pdf	02/12/2019 13:57:44	Elisangela Ferretti Manfira	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	PROJETO_CEP_2019_11_27.docx	02/12/2019 13:57:04	Elisangela Ferretti Manfira	Aceito
Folha de Rosto	FolhaRosto_ProjetoJogos.pdf	12/11/2019 12:30:39	Elisangela Ferretti Manfira	Aceito



Continuação do Parecer: 3.963.526

CURITIBA, 09 de Abril de 2020

Assinado por:
Ana Carla Efig
(Coordenador(a))

ANEXO 3 – PIBITI 2019/2020 - CERTIFICADO DE PARTICIPAÇÃO XVIII SEMIC

Declaramos que o(a) estudante **Luana Marcela de Miranda** apresentou o projeto **PERSPECTIVA DA FISIOTERAPIA NO DESENVOLVIMENTO DE JOGOS SÉRIOS PARA REABILITAÇÃO MOTORA PÓS-AVC** sob orientação do(a) Professor(a) **Elisangela Ferretti Manffra** no XXVIII Seminário de Iniciação Científica PUCPR, realizado nos dias 20, 21 e 22 de outubro de 2020.


Coordenação da IC da PUCPR

CURITIBA, 22 DE OUTUBRO DE 2020.

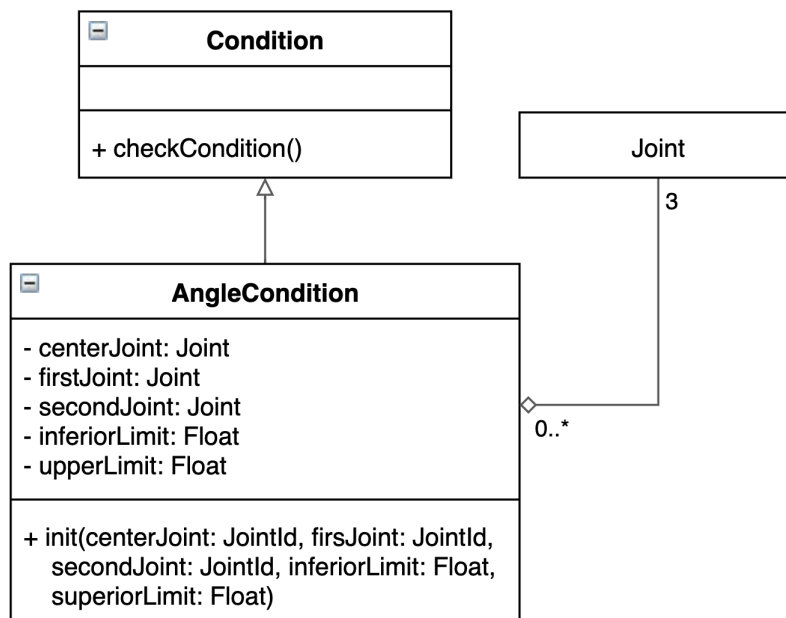


ANEXO 4 – ESCALA DE ANÁLISE DA USABILIDADE (SYSTEM USABILITY SCALE) – Fonte: Martins *et al.*, 2015.

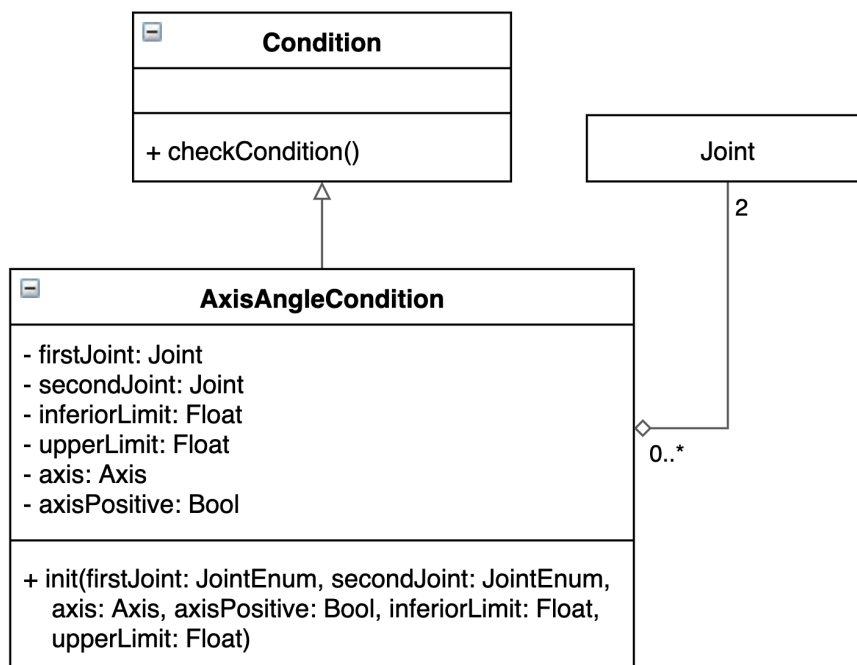
Original Item	Corresponding item in Portuguese
I think that I would like to use this system frequently.	Acho que gostaria de utilizar este produto com frequência.
I found the system unnecessarily complex.	Considerei o produto mais complexo do que necessário.
I thought the system was easy to use.	Achei o produto fácil de utilizar.
I think that I would need the support of a technical person to be able to use this system.	Acho que necessitaria de ajuda de um técnico para conseguir utilizar este produto.
I found the various functions in this system were well integrated.	Considerei que as várias funcionalidades deste produto estavam bem integradas.
I thought there was too much inconsistency in this system.	Achei que este produto tinha muitas inconsistências.
I would imagine that most people would learn to use this system very quickly.	Suponho que a maioria das pessoas aprenderia a utilizar rapidamente este produto.
I found the system very cumbersome to use.	Considerei o produto muito complicado de utilizar.
I felt very confident using the system.	Senti-me muito confiante a utilizar este produto.
I needed to learn a lot of things before I could get going with this system.	Tive que aprender muito antes de conseguir lidar com este produto.

Table 1 - Original item vs. corresponding item in European Portuguese

8.5. ANEXO V – DIAGRAMAS DE CLASSE

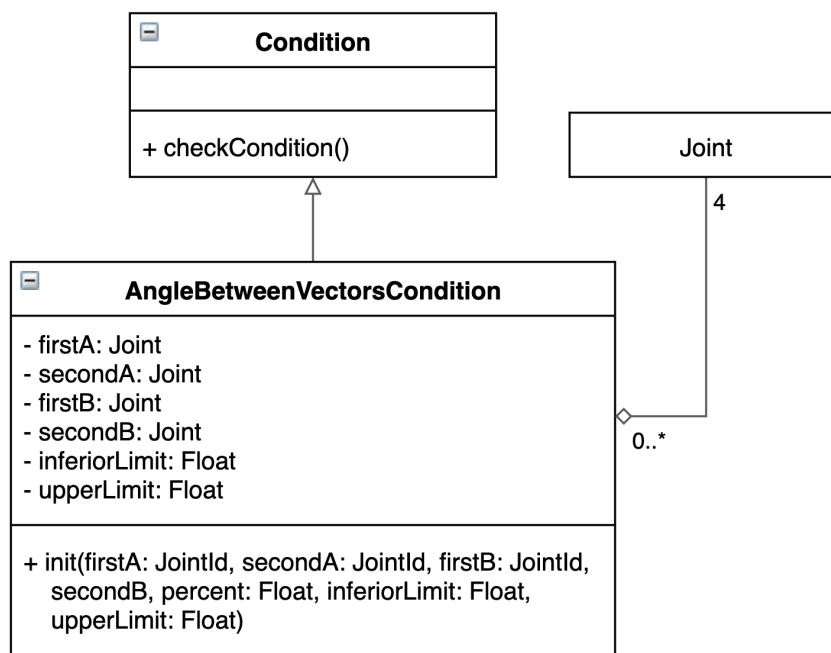
Figura 83. Representação da classe *AngleCondition*.

Fonte: autor, 2021.

Figura 84. Representação da classe *AxisAngleCondition*.

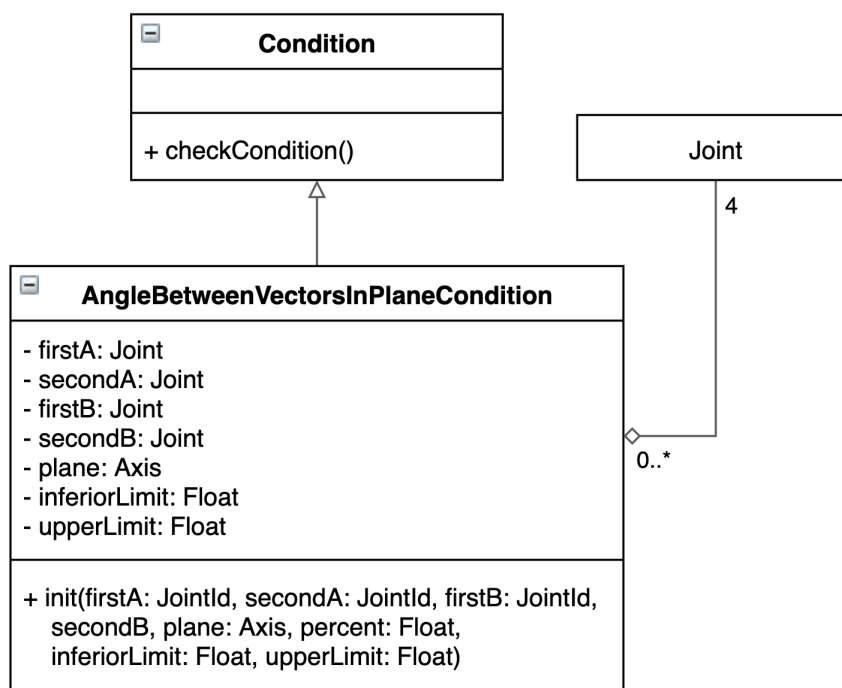
Fonte: autor, 2021.

Figura 85. Representação da classe *AngleBetweenVectorsCondition*.



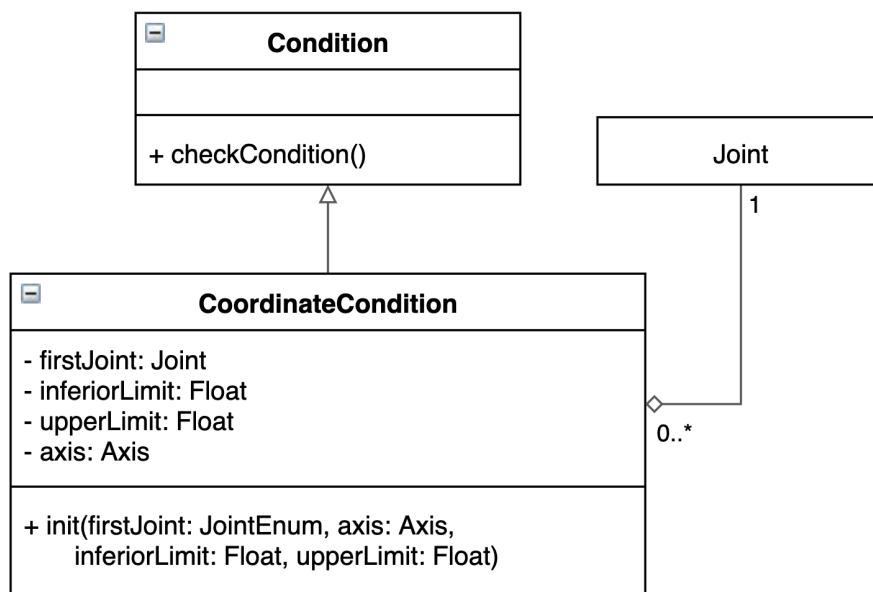
Fonte: autor, 2021.

Figura 86. Representação da classe *AngleBetweenVectorsInPlaneCondition*.



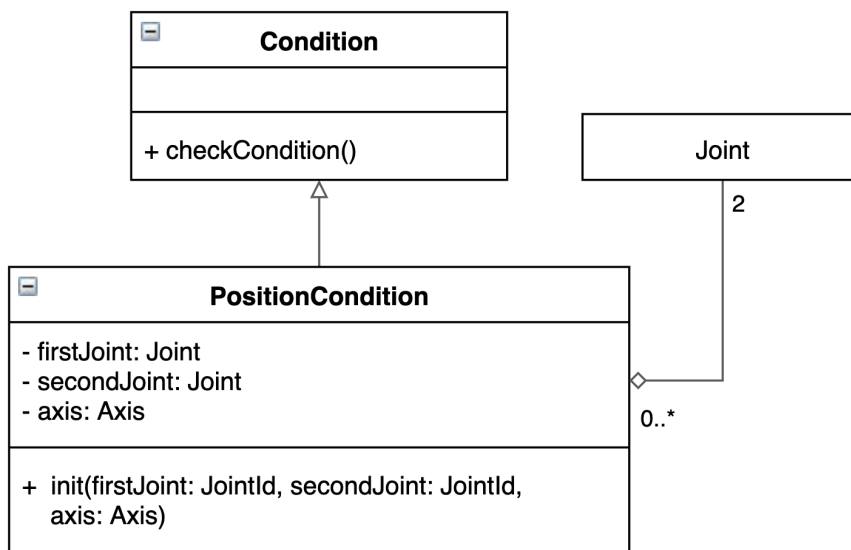
Fonte: autor, 2021.

Figura 87. Representação da classe *CoordinateCondition*.



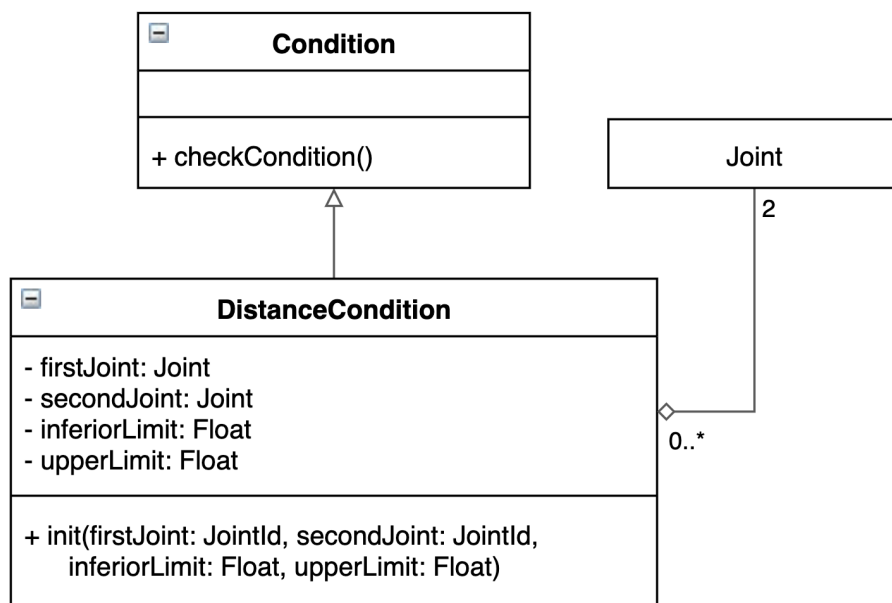
Fonte: autor, 2021.

Figura 88. Representação da classe *PositionCondition*.



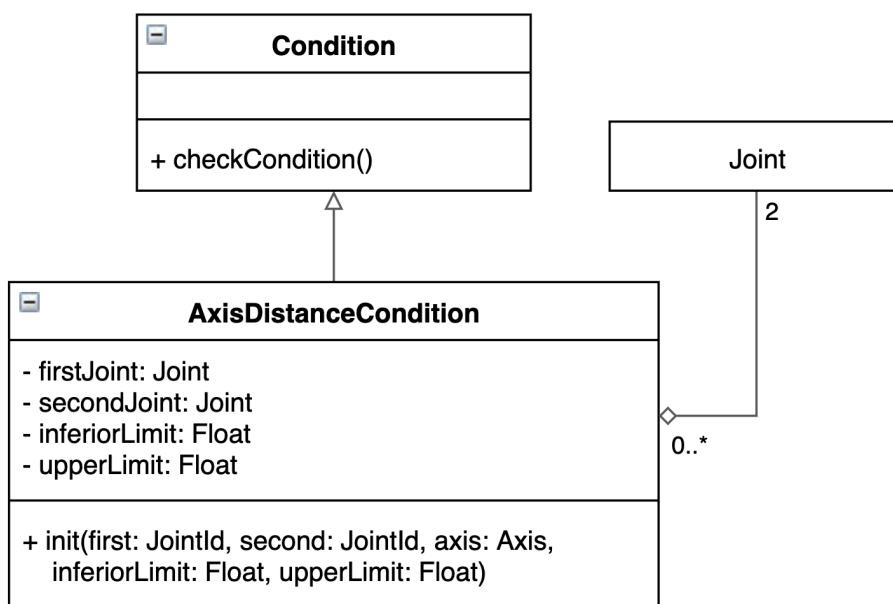
Fonte: autor, 2021.

Figura 89. Representação da classe *DistanceCondition*.

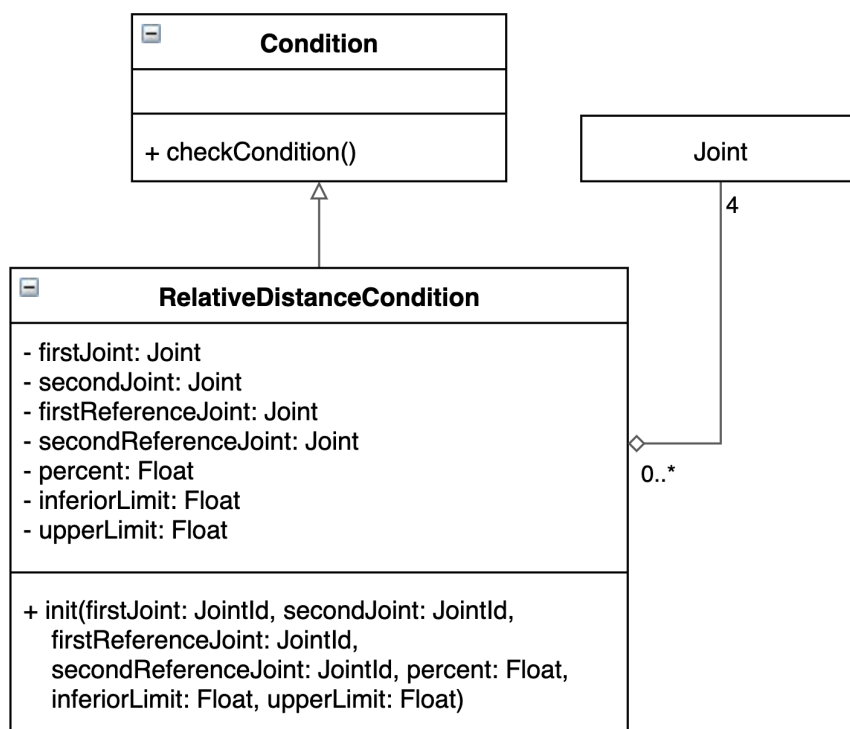


Fonte: autor, 2021.

Figura 90. Representação da classe *AxisDistanceCondition*.



Fonte: autor, 2021.

Figura 91. Representação da classe *RelativeDistanceCondition*.

Fonte: autor, 2021.