

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA

DOUGLAS AQUINO TEIXEIRA MENDES

**PHYSIO GAMES - AMBIENTE DE
INTEGRAÇÃO DE JOGOS SÉRIOS
PARA REABILITAÇÃO FÍSICA DE
AMPUTADOS**

**Bagé
2023**

DOUGLAS AQUINO TEIXEIRA MENDES

**PHYSIO GAMES - AMBIENTE DE
INTEGRAÇÃO DE JOGOS SÉRIOS
PARA REABILITAÇÃO FÍSICA DE
AMPUTADOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Bacharelado em Engenharia de Computação como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Computação.

Orientador: Julio Saraçol Domingues Júnior
Coorientador: Érico Marcelo Hoff do Amaral

**Bagé
2023**

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos pelo(a) autor(a) através do Módulo de Biblioteca do Sistema GURI (Gestão Unificada de Recursos Institucionais).

M538p Mendes, Douglas Aquino Teixeira

PHYSIO GAMES - AMBIENTE DE INTEGRAÇÃO DE JOGOS SÉRIOS PARA REABILITAÇÃO FÍSICA DE AMPUTADOS / Douglas Aquino Teixeira Mendes.

122 f.: il.

Orientador: Julio Saraçol Domingues Júnior
Coorientador: Érico Marcelo Hoff do Amaral
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação)
- Universidade Federal do Pampa, Engenharia de Computação, 2023.

1. Sistemas Embarcados; Jogos Sérios; Sistema de Apoio; Reabilitação Física. I. Título.



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal do Pampa

DOUGLAS AQUINO TEIXEIRA MENDES

**PHYSIO GAMES - AMBIENTE DE
INTEGRAÇÃO DE JOGOS SÉRIOS
PARA REABILITAÇÃO FÍSICA DE
AMPUTADOS**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao curso de Bacharelado em
Engenharia de Computação como requisito
parcial para a obtenção do grau de Bacharel
em Engenharia de Computação.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em: 08, de dezembro de 2023.

Banca examinadora:

Prof. Dr. Julio Saraçol Domingues Júnior
Orientador
UNIPAMPA

Prof. Dr. Leonardo Bidese de Pinho
UNIPAMPA

Prof. Dr. Gerson Alberto Leiria Nunes
UNIPAMPA



Assinado eletronicamente por **JULIO SARACOL DOMINGUES JUNIOR, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 18/12/2023, às 22:06, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **GERSON ALBERTO LEIRIA NUNES, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 19/12/2023, às 00:04, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **LEONARDO BIDESE DE PINHO, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 20/12/2023, às 15:25, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.unipampa.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **1332683** e o código CRC **111F741F**.

Referência: Processo nº 23100.025565/2023-71 SEI nº 1332683

“A ciência é, portanto, uma perversão de si mesma, a menos que tenha como fim último, melhorar a humanidade.”

— Nikola Tesla

RESUMO

A fisioterapia, dedicada ao diagnóstico, prevenção e tratamento de doenças e lesões por métodos físicos, busca aliviar desconfortos e facilitar o retorno gradual dos pacientes à rotina. Para amputados, as sessões de fisioterapia muitas vezes são desafiadoras e pouco motivadoras. Este trabalho propõe um ambiente para a reabilitação física de amputados, utilizando um jogo sério desenvolvido em Godot. A solução, chamada Physio Games, inclui um nó sensor com um módulo giroscópio e uma aplicação web. Baseado no protótipo Tennis Game Physio, o Physio Games visa coletar dados objetivos do paciente para tornar as avaliações menos subjetivas, contribuindo para resultados mais eficazes nas sessões de reabilitação. O sistema apresenta uma nova arquitetura de nó sensor, modificações no ambiente de *software*, segregação entre o ambiente de simulação e a visualização de dados, uma base de dados, sistema de autenticação e um novo jogo. O desenvolvimento percorreu diversas etapas, desde o levantamento do referencial teórico até a fase de prototipação e aplicação de testes. Os resultados indicam que o sistema é de interesse dos fisioterapeutas e, estabelece uma base sólida para as próximas etapas do projeto.

Palavras-chave: Sistemas Embarcados; Jogos Sérios; Sistema de Apoio; Reabilitação Física.

ABSTRACT

Physical therapy, dedicated to diagnosing, preventing, and treating diseases and injuries through physical methods, alleviates discomfort and facilitates patients' gradual return to routines. For amputees, physical therapy sessions are often challenging and less motivating. This work proposes an environment for the physical rehabilitation of amputees using a serious game developed in Godot. The solution, named Physio Games, includes a sensor node with a gyroscope module and a web application. Based on the Tennis Game Physio prototype, Physio Games aims to collect objective patient data to make assessments less subjective, contributing to more effective rehabilitation outcomes. The system features a new sensor node architecture, modifications to the software environment, segregation between the simulation environment and data visualization, a database, an authentication system, and a new game. The development spanned various stages, from the theoretical framework survey to the prototyping phase and test application. The results indicate that the system is of interest to physiotherapists and establish a solid foundation for the next stages of the project.

Keywords: Embedded Systems; Serious Game; Support System; Physical Rehabilitation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Diagrama de atividades da metodologia.....	18
Figura 2	Metodologia de prototipagem.....	20
Figura 3	Níveis de amputação nos membros	23
Figura 4	Jogos Sérios para Reabilitação neurológica	38
Figura 5	Jogos Sérios para Reabilitação neurológica: Fuga na Selva	39
Figura 6	Jogos Sérios para Reabilitação neurológica	39
Figura 7	Como posicionar.....	45
Figura 8	Suporte de braço para o NodeMCU ESP32.....	45
Figura 9	Eixos de movimentos detectáveis	46
Figura 10	Arquitetura proposta	47
Figura 11	Arquitetura final.....	48
Figura 12	Esquema de ligação	49
Figura 13	Acelerômetro e Giroscópio 3 Eixos 6 Dof Mpu-6050 Gy-521	49
Figura 14	Arquitetura do Projeto Tennis Physio.....	50
Figura 15	Vantagens do ESP32 sobre o Arduino Mega + módulo bluetooth	50
Figura 16	Diagrama de transição de cenas do Sistema de integração de jogos	51
Figura 17	Diagrama de casos de uso do sistema de integração de jogos.....	52
Figura 18	Cena de login da instituição no sistema de integração de jogos.....	52
Figura 19	Cena de login do fisioterapeuta no sistema de integração de jogos.....	53
Figura 20	Cena de seleção do controle	53
Figura 21	Cena de seleção de paciente	54
Figura 22	Cena de seleção do jogo 2	54
Figura 23	Cena de seleção do jogo 1	54
Figura 24	Casos de uso do Physio Games Relatórios	55
Figura 25	Tela de Registrar instituição	56
Figura 26	Tela de Login de instituição.....	56
Figura 27	Exibindo o menu lateral aberto.....	56
Figura 28	Tela de adicionar fisioterapeuta	57
Figura 29	Tela de listar todos os fisioterapeuta.....	57
Figura 30	Tela de remover fisioterapeuta.....	57
Figura 31	Tela de login do fisioterapeuta.....	58
Figura 32	Tela de listar todos os pacientes.....	58
Figura 33	Tela de informação de sessões do paciente.....	59
Figura 34	Tela de remover paciente	59
Figura 35	Tela de recuperação de senha	59
Figura 36	Estrutura do banco de dados	61
Figura 37	Cena de uma partida de SpaceTerapia	61
Figura 38	Fase desenvolvida na Unity	62
Figura 39	Cena de uma partida de PongTerapia	63
Figura 40	Versão voando no espaço.....	64
Figura 41	Registro um da apresentação	65
Figura 42	Registro dois da apresentação.....	65
Figura 43	Design de telas.....	76
Figura 44	Designs de tela base.....	76

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Questionário SUS do trabalho de Cavalcanti	30
Tabela 2	Questionário de Áudio do trabalho de Cavalcanti.....	31
Tabela 3	Questionário de Imagens do trabalho de Cavalcanti.	31
Tabela 4	Questionário de Texto do trabalho de Cavalcanti.....	32
Tabela 5	Tabela de síntese dos fatores aplicáveis dos trabalhos correlatos.....	42
Tabela 6	Questões do TAM	67
Tabela 7	Questões utilizadas para a validação do sistema Physio Games	68

LISTA DE SIGLAS

CRUD *Create, Read, Update, Delete*

FUP Facilidade de Uso Percebida

GDD Game Design Document

HTTP *HyperText Transfer Protocol*

IC Intenção Comportamental de Uso

NIFI Núcleo de Inovação e Propriedade Intelectual

RA Realidade Aumentada

RV Realidade Virtual

SRF Serviço de Reabilitação Física

SUS *System Usability Scale*

TAM *Technology Acceptance Model*

UP Utilidade Percebida

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 Objetivo Geral	15
1.2 Objetivos Específicos	15
1.3 Estrutura do Texto	16
2 METODOLOGIA	17
2.1 Paradigma de prototipagem.....	19
3 REFERENCIAL TEÓRICO	22
3.1 Fisioterapia, Amputação e Reabilitação Física	22
3.2 Informática Médica e suas aplicações	24
3.3 Tecnologias aplicadas à reabilitação física.....	25
3.4 O estado de <i>Flow</i> e Jogos sérios	26
3.5 Trabalhos Correlatos	27
3.5.1 Avaliação de usabilidade para sistemas interativos	29
3.5.2 <i>Checklist</i> para desenvolvimento de jogos sérios	33
3.5.3 Coletânea de exergame	38
3.5.4 Plataforma de fisioterapia gamificada	39
3.5.5 Tennis Game Physio.....	40
3.5.6 Análise dos correlatos	41
3.5.7 Tecnologias utilizadas	42
4 PROPOSTA DO AMBIENTE PHYSIO GAMES	44
4.1 Descrição da Proposta do ambiente integrado	44
4.2 Modelagem do Sistema	46
4.2.1 Modelagem do Nó sensor.....	47
4.2.2 Modelagem do Ambiente de jogos.....	50
4.2.3 Modelagem do Aplicativo Web	54
4.2.4 Modelagem do Banco de dados.....	59
4.2.5 O jogo: SpaceTerapia	61
4.2.6 Adição do primeiro jogo: PongTerapia.....	63
5 PROPOTIPAÇÃO E TESTES	64
5.1 Plano de teste	65
5.2 Experimentos com Fisioterapeutas	66
5.3 Resultados	69
6 CONCLUSÕES	70
REFERÊNCIAS	71
APÊNDICE A – DESIGN DE TELAS	75
APÊNDICE B – GUIA DE ADIÇÃO DE JOGO	77
APÊNDICE C – DOCUMENTO DE TESTES: PHYSIO GAMES	89
APÊNDICE D – RESPOSTAS AO FORMULÁRIO DE VALIDAÇÃO DO SISTEMA PHYSIO GAMES	97
APÊNDICE E – CHECKLIST PROPOSTO POR PILLON UTILIZADO NO DESENVOLVIMENTO DO PHYSIO GAMES	113
ANEXO A – REQUISITOS DO SISTEMA TENNIS PHYSIO	117

1 INTRODUÇÃO

O corpo humano se mostra uma ferramenta poderosa, capaz de realizar atividades e tarefas complexas. Desde os emaranhados sistemas de órgãos até os movimentos coordenados, cada parte do corpo desempenha um papel essencial na interação com o mundo.

Uma das capacidades mais notáveis do corpo humano é a de adaptação e aprendizado. Por meio do cérebro, é capaz de processar informações, aprender novas habilidades e aprimorar o desempenho ao longo do tempo. Os membros superiores, compostos pelo braço, antebraço e mão, são um exemplo dessa adaptabilidade (Kapandji, 2000).

Os membros superiores são capazes de alcançar, agarrar, manipular e interagir com objetos e pessoas, principalmente por meio de uma rede de músculos, ossos, articulações e tendões, que executam uma ampla gama de movimentos precisos e complexos. Além dos membros superiores, os membros inferiores também desempenham um papel essencial no funcionamento e na mobilidade do corpo humano. Compostos pelo quadril, coxa, perna e pé, os membros inferiores são responsáveis por sustentar o corpo, permitindo a locomoção, o equilíbrio e a realização de atividades físicas. Os membros inferiores são concebidos para suportar o peso do corpo e fornecer estabilidade durante o movimento. A articulação do quadril, por exemplo, é uma das maiores e mais fortes estruturas do corpo, permitindo uma ampla gama de movimentos, como andar, correr e pular. Os músculos da coxa e da perna trabalham em conjunto para gerar força e impulsionar o corpo para a frente, enquanto os ossos e articulações fornecem a estrutura necessária para esses movimentos (Marieb; Wilhelm; Mallatt, 2014).

A complexidade e a importância dos membros superiores e inferiores também os tornam suscetíveis a lesões e disfunções. Devido a sua participação ativa em uma variedade de atividades diárias, esportivas e profissionais, essas regiões estão expostas a diversos fatores de risco, como trauma físico, esforço repetitivo, posturas inadequadas e envelhecimento. Lesões como fraturas, entorses, tendinites, lesões ligamentares e lesões musculares podem comprometer a funcionalidade e limitar a capacidade do indivíduo de realizar suas atividades normais. Algumas doenças como insuficiência vascular periférica, como consequência de diabetes, aterosclerose, embolias, trombozes, traumatismo e tumores, são causas comuns de lesões onde a única solução é a amputação (Ferreira; Ferreira; Calazans, 2017), expressão derivada do latim que tem como definição *ambi* (ao

redor de/em torno de) e *putatio* (podar/retirar) a palavra amputação tem como definição a retirada total ou parcial de um membro pelo ato cirúrgico, traumatismo, doenças ou má formação apendicular. Alguns autores restringem o termo amputação às perdas decorrentes de traumas e cirurgias, excluindo o termo amputações congênicas (Boccolini, 2001 apud Duarte et al., 2006) e (Ferreira; Ferreira; Calazans, 2017).

Considerando todas essas possibilidades de lesões, a amputação é um procedimento delicado que afeta tanto o psicológico quanto o físico do paciente, dado que a retirada do membro, dependendo do procedimento, poderá incapacitá-lo de realizar alguma atividade habitual. Portanto, profissionais da área da saúde bem equipados são de suma importância no processo de reabilitação física de amputados.

A fisioterapia é uma área da saúde que se dedica ao diagnóstico, prevenção e tratamento de doenças e lesões por meio de métodos físicos, buscando reduzir o desconforto e promover o retorno gradual do paciente à sua rotina. Dentre as categorias de exercícios terapêuticos utilizados, destacam-se mobilização passiva e ativa, alongamentos, exercícios isométricos e isotônicos. No entanto, é comum que o paciente perca a motivação durante o tratamento, seja por fatores internos ou externos. O paciente pode esperar resultados rápidos da fisioterapia e, quando isso não ocorre, pode sentir-se desapontado e desmotivado. Esse tipo de frustração pode resultar em uma diminuição de empenho na realização de técnicas e exercícios fisioterapêuticos, tanto durante as sessões, quanto em casa. Além disso, aparelhos e equipamentos de baixa qualidade para a fisioterapia também podem contribuir para a desmotivação do paciente (Carci, 2023).

Nesse sentido, a área da informática tem ganhado destaque na área médica, com diversos estudos e soluções desenvolvidas para auxiliar os profissionais de saúde. A informática médica é uma área ampla e relevante para os profissionais de saúde, abrangendo desde tecnologias de suporte à tomada de decisão até soluções de instrumentação para procedimentos médicos mais eficazes. Um exemplo é a utilização de Realidade Virtual (RV) com a metodologia de gamificação para auxiliar no processo de reabilitação física (Kimura, 2021). Neste contexto, é possível observar lacunas e oportunidades de pesquisa, desenvolvimento e inovação para soluções computacionais que auxiliem os fisioterapeutas na reabilitação física de amputados, como por exemplo, personalização da reabilitação com base nas necessidades individuais dos pacientes, monitoramento da evolução dos pacientes de forma mais precisa e eficiente, e o desenvolvimento de técnicas de estimulação sensorial e motora mais eficazes, como por exemplo, o desenvolvimento de jogos sérios para estimular a prática das sessões de

reabilitação e melhorar o desempenho das sessões com soluções lúdicas e instigantes.

1.1 Objetivo Geral

Este trabalho tem como objetivo principal desenvolver um sistema integrado de *hardware* e *software* voltado para a fisioterapia, com ênfase na facilidade de integração de diferentes jogos. Busca-se proporcionar uma plataforma flexível, adaptável e de baixo custo que contribua significativamente para a reabilitação de pacientes, promovendo experiências de jogo envolventes.

1.2 Objetivos Específicos

- Desenvolver uma estrutura modular que permita a incorporação de novos jogos ao sistema.
- Analisar e compreender os requisitos específicos de jogos terapêuticos, considerando diferentes movimentações e desafios.
- Propor melhorias na arquitetura do sistema, visando não apenas a diminuição de sua escala, componentes e custo, mas também aprimorando a flexibilidade para a adição de novos jogos.
- Desenvolver um ambiente integrado que suporte o protótipo de jogo proposto inicialmente e permita a expansão com alternativas de jogos e diferentes movimentações.
- Construir um protótipo que execute os jogos.
- Construir uma página web que exibe os relatórios de final de partida, possibilitando que os fisioterapeutas avaliem o desempenho do paciente nas sessões.
- Realizar testes e validação do protótipo com o público-alvo, considerando tanto o desempenho do novo ambiente quanto as percepções de pacientes e profissionais de fisioterapia.
- Extrair informações relevantes sobre a eficácia do sistema na reabilitação, analisando o desempenho dos pacientes e as percepções dos fisioterapeutas.

- Promover discussões e reflexões sobre os resultados obtidos, com o objetivo de otimizar o sistema e validar a proposta de integração de jogos como uma ferramenta eficaz na fisioterapia.

1.3 Estrutura do Texto

A estrutura do texto se dá por meio do capítulo 1 de introdução, as seções secundárias 1.1 e 1.2 especificam os objetivos gerais e específicos que foram desenvolvidos durante a construção do problema. O capítulo 2 retrata a metodologia utilizada para atingir os objetivos, seguido do capítulo 3 que descreve o referencial teórico utilizado como base nos estudos para o desenvolvimento da solução e, também, a elucidação dos trabalhos correlatos que auxiliaram como indicativo para o avanço da pesquisa. O capítulo 4 contém a descrição da proposta, suas origens e a modelagem da solução como um todo. Ademais, são demonstradas as avaliações e seus respectivos resultados obtidos, no capítulo 5 e, também, as considerações finais do trabalho no capítulo 6.

2 METODOLOGIA

A fim de determinar uma sequência de atividades para a execução deste trabalho, foi definida uma metodologia de pesquisa, incluindo uma etapa de Mapeamento Sistemático da Literatura (Marques et al., 2015). A pesquisa deste trabalho pode ser classificada, do ponto de vista de sua natureza, como uma pesquisa aplicada, com o objetivo de gerar conhecimento para soluções práticas relacionadas ao desenvolvimento de uma aplicação computacional em *hardware* e *software* para o auxílio em sessões de fisioterapia.

Quanto à abordagem do problema, a pesquisa adota uma abordagem quantitativa e qualitativa. Há informações coletadas em dados numéricos para classificação e análise, utilizando técnicas estatísticas. No entanto, também serão considerados dados subjetivos dos pacientes, que não podem ser quantificados em números, exigindo interpretação e dedução dos fenômenos para atribuição de significado.

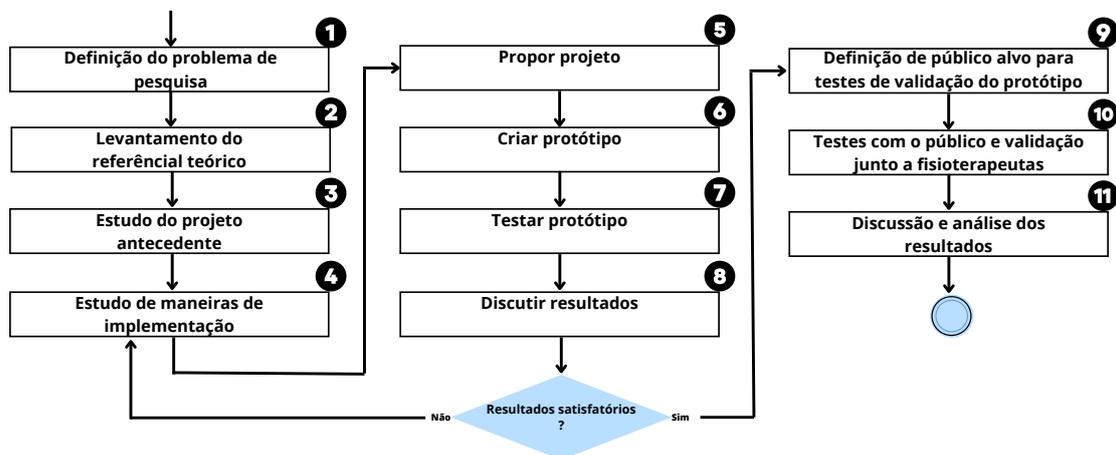
Em relação aos objetivos, a pesquisa pode ser classificada como explicativa, pois visa identificar os fatores que determinam ou contribuem para o melhor desenvolvimento do paciente durante as sessões de fisioterapia. Para isso, tendo em vista os procedimentos técnicos, foi utilizado um método experimental pois envolve a manipulação de diferentes variáveis e a observação dos efeitos das variações nos pacientes. Além disso, também é classificada como pesquisa participante, uma vez que o estudo se desenvolve por meio da interação com fisioterapeutas e pacientes amputados (Silva; Menezes, 2005).

A pesquisa é dividida em diversas etapas, as quais estão ilustradas na figura 1. A primeira etapa consistiu na identificação dos problemas a serem abordados, sendo alguns deles levantados previamente na conclusão do projeto Tennis Physio Game. Os problemas identificados incluem clareza sobre o desempenho durante a partida, facilidade do paciente em se manter concentrado na atividade, precisão dos dados ao final das partidas. O objetivo deste projeto é solucionar os problemas observados na pesquisa Tennis Physio Game, como melhorias na jogabilidade, o que pode acarretar em uma melhor imersão e auxiliar os pacientes a atingirem o estado de *Flow* (termo este que é melhor explicado na seção 3.4) durante o tratamento e fornecer dados relevantes para o acompanhamento do desenvolvimento do paciente pelos fisioterapeutas.

Após a definição do problema de pesquisa, a segunda etapa envolveu a revisão bibliográfica para embasar o desenvolvimento da pesquisa. Foram levantados estudos e referenciais teóricos na área do problema. Na terceira etapa, foram estudados os

códigos-fonte do protótipo desenvolvido, com objetivo de compreender sua estrutura e a comunicação entre as diferentes plataformas.

Figura 1 – Diagrama de atividades da metodologia



Fonte: Autor (2023)

Na quarta etapa, foram identificadas as possíveis abordagens para a implementação da solução, com base em uma análise aprofundada de trabalhos correlatos encontrados durante o mapeamento sistemático da literatura, onde, segundo Kitchenham e Charters (2007) *apud* Melo et al. (2020b), identificam-se os estudos mais relevantes a partir de uma temática ou de uma questão de pesquisa, e segue-se o protocolo que inicia-se com o planejamento, onde são definidos os objetivos do mapeamento sistemático, os quais são elencados na seção 3.5. Com isso, a quinta etapa foi dedicada à elaboração da proposta de solução, utilizando os conhecimentos e habilidades adquirido nas etapas anteriores, bem como os requisitos do projeto.

Utilizando os de requisitos do projeto Tennis Physio Game, presente no anexo A, os quais foram identificados pelos fisioterapeutas do Serviço de Reabilitação Física (SRF) por meio de reuniões de levantamento de requisitos funcionais e não-funcionais, foi possível definir os aspectos a serem tratados, tendo em vista que o objetivo deste trabalho é melhorar a forma de tratar os requisitos já elicitados, a sexta etapa foi iniciada, adotando o paradigma de prototipagem (explicado na seção 2.1). Nesse estágio, foi desenvolvida uma modelagem rápida de protótipo simples, que posteriormente foi avaliada pelos *stakeholders* do projeto.

Após a conclusão do primeiro ciclo de testes unitários e de integração, iniciado na sétima etapa, que teve como objetivo verificar as funcionalidades e identificar possíveis problemas de integração, realizou-se a etapa oito. Nesta etapa foi efetuada uma análise das principais características dos trabalhos correlatos que poderiam ser incorporadas na solução proposta com o objetivo de melhorar sua usabilidade e performance no contexto da fisioterapia. Essas características foram adicionadas na solução atual e são apresentadas na seção 4.1.

Em seguida, todo o processo das etapas quatro à oito foram repetidos, seguindo a mesma sequência de atividades. Essa repetição foi necessária para refinar a solução e alcançar um resultado satisfatório, considerando os objetivos do projeto. O tempo disponível para o desenvolvimento da primeira etapa do projeto também foi considerado como um critério para determinar o número de iterações.

Durante cada ciclo, foram realizados levantamentos adicionais de referencial teórico, identificadas possíveis formas de implementação da solução, construídas propostas de solução e protótipos, e avaliados os resultados. Essa abordagem iterativa permitiu aprimorar gradualmente o projeto, incorporando aprendizados e ajustando os requisitos ao longo do desenvolvimento.

2.1 Paradigma de prototipagem

A prototipagem é uma abordagem iterativa no processo de desenvolvimento, em que modelos ou versões preliminares de um produto são criados e testados antes da implementação final. O objetivo principal da prototipagem é permitir que os desenvolvedores obtenham *feedback* dos usuários finais, validem o *design* e as funcionalidades e identifiquem melhorias antes de seguir em frente com a produção ou implementação completa (Macedo, 2010). O ciclo de iteração é ilustrado na figura 2.

Figura 2 – Metodologia de prototipagem



Fonte: UNIVAZ (2023)

A prototipagem é uma abordagem no desenvolvimento de produtos, sistemas ou *software*, em que modelos ou versões preliminares são criados para validar ideias, testar funcionalidades e obter *feedback* dos usuários antes da implementação final. Os protótipos podem variar em termos de fidelidade, desde protótipos de baixa fidelidade, como esboços em papel, até protótipos de alta fidelidade, que se aproximam do produto final em termos de aparência e funcionalidade (Nzongo, 2019; Theis et al., 2021).

O processo de prototipagem é iterativo, o que significa que envolve repetidas iterações de criação, teste, refinamento e validação do protótipo. Cada iteração permite que os desenvolvedores aprendam com o *feedback* dos usuários e façam melhorias incrementais no *design* e na funcionalidade do produto. Essas iterações ajudam a reduzir riscos e incertezas, garantindo que o produto final atenda às necessidades dos usuários (Falcao; Soares, 2020).

Existem diversas abordagens e técnicas de prototipagem disponíveis. Alguns métodos populares incluem a prototipagem rápida, em que são utilizadas ferramentas e tecnologias para criar protótipos de forma ágil, como impressão 3D e prototipagem digital; prototipagem de papel, em que os protótipos são criados manualmente com papel, recortes e anotações; e prototipagem de *software*, que utiliza linguagens de programação

e ferramentas de desenvolvimento para criar protótipos iterativos (Camburn et al., 2017; Babich, 2017).

A prototipagem oferece várias vantagens. Ela permite a validação precoce de ideias, a detecção antecipada de problemas e a melhoria da usabilidade e da experiência do usuário. Além disso, ajuda a reduzir custos de retrabalho, uma vez que problemas são identificados e corrigidos antes da implementação final. No entanto, a prototipagem também apresenta algumas desvantagens, como a possibilidade de desviar-se do escopo original do projeto, o tempo e os recursos necessários para criar protótipos e a dificuldade de representar todas as funcionalidades complexas em um protótipo (Tech, 2023).

3 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo é abordado alguns conceitos relevantes sobre o desenvolvimento dos temas deste trabalho. Sendo assim, é apresentada uma fundamentação teórica sobre: Fisioterapia, Amputação e Reabilitação Física, Informática Médica, Tecnologias aplicadas à reabilitação física, Jogos sérios, o Estado de *Flow*. Por fim, um estudo dos trabalhos correlatos.

3.1 Fisioterapia, Amputação e Reabilitação Física

A fisioterapia é uma área da saúde que busca promover, manter e restaurar a funcionalidade do corpo humano por meio de técnicas terapêuticas. Ela se baseia em conhecimentos científicos e utiliza métodos físicos, como exercícios, massagens, eletroterapia e manipulações, para tratar e prevenir doenças, lesões e disfunções do sistema musculoesquelético (Unit, 2023; Uyesaka, 2020; Baiocchi, 2023).

A reabilitação física, por sua vez, é uma vertente da fisioterapia e tem como objetivo principal auxiliar indivíduos que sofreram algum tipo de trauma, doença ou deficiência a recuperarem sua capacidade funcional. Essa abordagem terapêutica visa melhorar a qualidade de vida, a independência e a autonomia dos pacientes, por meio do fortalecimento muscular, da melhoria da amplitude de movimento, do controle da dor e da promoção da mobilidade (Lisboa, 2017; Oeiras, 2023; Lambert, 2023).

Ao longo dos anos, a fisioterapia e a reabilitação física têm se mostrado essenciais no tratamento de diversas condições, como lesões esportivas, acidentes vasculares cerebrais, lesões neurológicas, doenças musculoesqueléticas e amputações. Com o avanço das técnicas e abordagens terapêuticas, é possível obter resultados significativos na recuperação e reintegração desses indivíduos à sociedade.

A perda de um membro pode causar impactos significativos na vida do indivíduo, tanto do ponto de vista físico quanto emocional. Nesse contexto, a fisioterapia para amputados tem como objetivo principal ajudar o paciente a readquirir a independência funcional e a adaptar-se às limitações impostas pela amputação. Isso é alcançado por meio de um programa de reabilitação individualizado, que engloba exercícios terapêuticos, treinamento de marcha, uso de próteses e órteses, além de técnicas de controle da dor e mobilização precoce (Pastre et al., 2005).

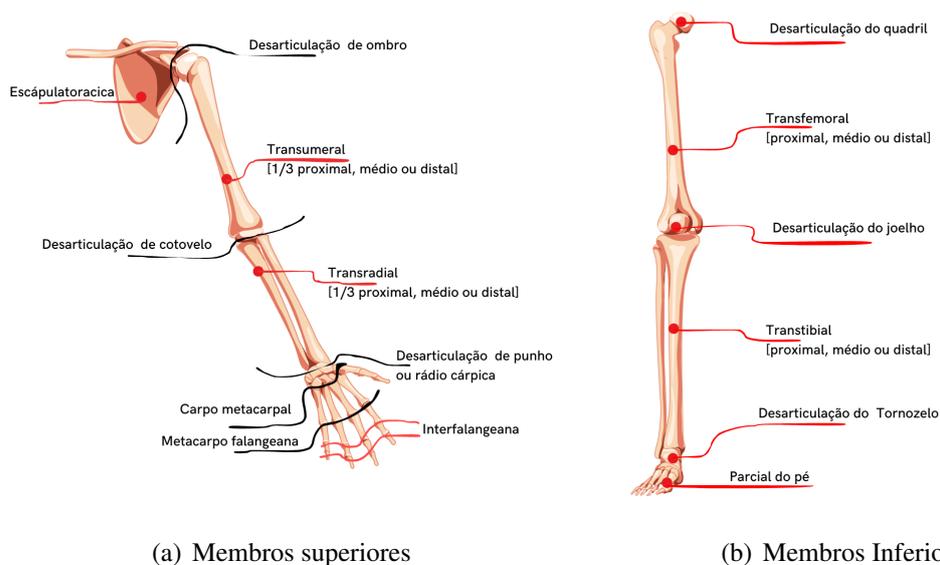
Além disso, a fisioterapia busca minimizar os efeitos do desuso e do encurtamento

muscular, promovendo a reeducação neuromuscular e o fortalecimento dos músculos remanescentes. Também são abordadas questões como a prevenção de complicações secundárias, como contraturas musculares e úlceras de pressão, e o suporte psicossocial para ajudar o paciente a lidar com as mudanças físicas e emocionais decorrentes da amputação (Melo et al., 2020a).

Nível de amputação é o termo específico para decidir a altura exata em que o membro corporal será amputado, podendo ser amputado em três terços: proximal, médio e distal. Estes termos descrevem o local e o terço exato em que a amputação deve acontecer, visando sempre a máxima reabilitação, qualidade de vida do amputado e futura protetização. O terço médio é o mais frequente nas amputações, pois possibilita maior conforto e melhor encaixe das próteses.

Nos níveis de amputação de membro superior há desarticulação de ombro (todo o braço do paciente é retirado), amputação transumeral (acontece entre a articulação do cotovelo e do ombro), desarticulação de cotovelo (toda a articulação do cotovelo é amputada, preservando o úmero), amputação transradial (acontece entre a articulação do punho e do cotovelo), desarticulação de punho (acontece na articulação do punho), desarticulação parcial de mão (amputação completa ou parcial dos ossos do carpo, mantendo ou não as falanges), ilustrado na figura 3(a).

Figura 3 – Níveis de amputação nos membros



Fonte: Adaptado de Diretoria de Saúde do Trabalhador (2017)

Nos níveis de amputação de membro inferior temos hemipelvectomy (toda a perna do paciente é amputada), desarticulação de quadril (acontece na altura da bacia,

no qual o fêmur é amputado por completo), amputação transfemoral (ocorre entre a articulação do quadril e o joelho), desarticulação de joelho (retirada total da rótula do joelho e de outros ossos da perna, preservando o fêmur), amputação transtibial (consiste na retirada parcial ou completa da tíbia, fíbula e ossos da panturrilha), amputação de pé (pode ser tanto uma amputação de dedo do pé, como desarticulação de calcanhar), ilustrado na figura 3(b) (Diretoria de Saúde do Trabalhador, 2017).

3.2 Informática Médica e suas aplicações

A Informática médica é uma área interdisciplinar que utiliza a tecnologia da informação para melhorar os processos de saúde, incluindo o diagnóstico, tratamento, monitoramento e gestão de pacientes. Com o avanço da tecnologia, a Informática médica tem se mostrado cada vez mais relevante, contribuindo para a eficiência, segurança e qualidade dos serviços de saúde (Carolina, 2023).

As aplicações da Informática médica são vastas e abrangem desde sistemas de prontuário eletrônico do paciente até dispositivos médicos inteligentes, telemedicina, análise de *big data* em saúde e inteligência artificial aplicada ao diagnóstico e prognóstico de doenças. Essas tecnologias permitem a integração e o compartilhamento de informações clínicas, facilitando a tomada de decisão dos profissionais de saúde, o monitoramento remoto dos pacientes e a melhoria da qualidade do atendimento.

Além disso, a Informática médica oferece ferramentas para a pesquisa científica, possibilitando o acesso rápido a informações atualizadas, o compartilhamento de dados entre instituições e a análise de grandes volumes de dados clínicos. Isso contribui para o avanço do conhecimento médico, a descoberta de novas terapias e a melhoria da eficácia dos tratamentos (Grupo Informatica Médica, 2023; Universidade do Porto, 2022).

No contexto da fisioterapia e reabilitação física, a Informática médica desempenha um papel relevante na avaliação e acompanhamento dos pacientes, na prescrição de exercícios terapêuticos personalizados, no monitoramento da evolução do tratamento e na comunicação entre profissionais de saúde envolvidos no cuidado do paciente. Isso resulta em uma abordagem mais precisa, eficiente e integrada, potencializando os resultados da reabilitação (Paiva et al., 2020).

3.3 Tecnologias aplicadas à reabilitação física

A aplicação de tecnologias na reabilitação física tem se mostrado uma abordagem inovadora e promissora para melhorar a qualidade de vida e a funcionalidade de indivíduos com lesões ou deficiências físicas. A convergência entre a área da saúde e a Informática médica tem impulsionado o desenvolvimento e a implementação de soluções tecnológicas avançadas, que auxiliam no processo de reabilitação e potencializam os resultados terapêuticos.

A Informática médica desempenha um papel nesse contexto, fornecendo ferramentas e recursos digitais que são aplicados de maneira eficaz na reabilitação física. Essas tecnologias têm o potencial de melhorar a precisão dos diagnósticos, a personalização dos tratamentos e a monitorização contínua do progresso do paciente (Medicalway, 2022).

Uma das áreas de destaque é a Realidade Virtual (RV) e a Realidade Aumentada (RA), que proporcionam ambientes virtuais imersivos ou sobreposição de informações virtuais no mundo real. Essas tecnologias podem ser utilizadas para criar simulações interativas e ambientes terapêuticos virtuais, nos quais os pacientes podem se engajar em atividades específicas que visam melhorar a força muscular, o equilíbrio, a coordenação motora e a propriocepção. Além disso, a RV e a RA têm o potencial de aumentar a motivação e o engajamento do paciente, tornando a reabilitação mais interessante e envolvente (Neuromovimento Centro de Fisioterapia, 2021).

Outra área de destaque é a utilização de sensores e dispositivos vestíveis, como acelerômetros, giroscópios e sensores de movimento. Esses dispositivos podem ser integrados a equipamentos de reabilitação ou utilizados de forma autônoma para monitorar e avaliar o desempenho e o progresso dos pacientes durante as sessões de reabilitação. Os dados capturados pelos sensores podem ser processados e analisados por algoritmos, que fornecem informações objetivas sobre a qualidade dos movimentos, a amplitude de movimento e a evolução do paciente ao longo do tempo. Essas informações são valiosas para os profissionais de saúde, permitindo ajustes personalizados no plano de reabilitação (Gonzaga et al., 2018; Fernandes; Cardoso; Lopes, 2018).

Além disso, a tele-reabilitação é uma área emergente que combina a tecnologia da informação e a reabilitação física. Por meio de plataformas digitais e comunicação em tempo real, é possível fornecer terapia e suporte remoto para os pacientes, eliminando barreiras geográficas e aumentando o acesso aos serviços de reabilitação. A

tele-reabilitação permite a realização de exercícios monitorados à distância, a supervisão remota dos pacientes e o fornecimento de orientações e *feedback* em tempo real. Essa abordagem tem se mostrado especialmente benéfica para pacientes que vivem em áreas remotas ou com dificuldades de mobilidade.

Em suma, a aplicação de tecnologias na reabilitação física, em conjunto com a Informática médica, tem revolucionado os métodos tradicionais de tratamento. Essas tecnologias oferecem novas possibilidades para a personalização dos cuidados, a melhoria da eficácia terapêutica e a promoção do engajamento do paciente. À medida que a tecnologia continua a evoluir, é esperado que novas soluções inovadoras surjam, proporcionando avanços significativos na área da reabilitação física (Carci, 2023).

3.4 O estado de *Flow* e Jogos sérios

O estado de *Flow*, também conhecido como fluxo, é um conceito desenvolvido pelo psicólogo Mihaly Csikszentmihalyi, que descreve um estado mental de imersão total e envolvimento profundo em uma atividade. Nesse estado, uma pessoa está totalmente focada e concentrada no que está fazendo, sentindo um senso de controle e satisfação, perdendo a noção do tempo e mergulhando em uma experiência gratificante (Burgada, 2022).

Os jogos sérios, por sua vez, são jogos eletrônicos desenvolvidos com propósitos educacionais, terapêuticos ou de treinamento, com o objetivo de proporcionar um ambiente imersivo que simule situações da vida real. Esses jogos são projetados para ir além do entretenimento, buscando promover aprendizado, desenvolvimento de habilidades específicas ou até mesmo a reabilitação física.

Na área da fisioterapia, os jogos sérios têm sido cada vez mais explorados como uma forma inovadora e eficaz de promover a reabilitação de pessoas amputadas. A amputação de um membro afeta a funcionalidade e mobilidade do paciente, exigindo um processo de reabilitação física abrangente e adaptado às necessidades individuais.

Através dos jogos sérios, é possível criar um ambiente de reabilitação lúdico e estimulante, que envolve o paciente de maneira motivadora e desafiadora. Esses jogos podem ser projetados para incorporar exercícios específicos de fisioterapia, como fortalecimento muscular, equilíbrio, coordenação motora e treinamento proprioceptivo. Ao jogar, o paciente se engaja ativamente na realização dos exercícios, enquanto experimenta o estado de *Flow*, o que aumenta o seu nível de motivação e o desejo de

superar desafios.

Os jogos sérios para reabilitação de amputados podem utilizar interfaces e dispositivos como sensores de movimento, *joysticks*, realidade virtual ou realidade aumentada, permitindo uma interação intuitiva e imersiva. Essas tecnologias possibilitam que os pacientes vivenciem situações virtuais que simulam atividades do cotidiano ou até mesmo esportes, facilitando a adaptação e aprendizagem de novos movimentos e habilidades.

Além dos aspectos físicos, os jogos sérios também podem abordar aspectos cognitivos e emocionais da reabilitação. Por exemplo, os jogos podem incluir desafios que envolvem tomada de decisão, resolução de problemas ou controle emocional, visando o desenvolvimento de habilidades que são relevantes para a reintegração do paciente na sociedade (Matos, 2006).

Os jogos sérios para reabilitação de amputados oferecem várias vantagens. Eles podem aumentar a motivação e o engajamento dos pacientes, tornando o processo de reabilitação mais atraente e divertido. Além disso, a possibilidade de monitorar o desempenho e o progresso do paciente através dos jogos permite um acompanhamento mais objetivo e personalizado por parte dos profissionais de saúde.

Em conclusão, a combinação do estado de *Flow* com jogos sérios na reabilitação de amputados representa uma abordagem promissora. Essa combinação permite que os pacientes se envolvam de forma ativa e prazerosa em sua reabilitação, maximizando os resultados terapêuticos. Com o avanço contínuo da tecnologia e a crescente aplicação dos jogos sérios na área da saúde, é possível vislumbrar um futuro promissor para a reabilitação física de amputados.

3.5 Trabalhos Correlatos

Nesta seção, são apresentados os trabalhos correlacionados com a solução proposta. Considerando o objetivo principal do trabalho sendo a criação de um ambiente de integração de jogos sério, baseado no aprimoramento da solução inicial proposta por Pinheiro (2021), foram efetuadas pesquisas sobre os referenciais teóricos do tema do trabalho.

Para o processo de busca de trabalhos correlatos no mapeamento sistemático da literatura, foram definidas as *strings* de pesquisa, com objetivo de encontrar trabalhos que tratem de pelo menos um dos aspectos que visou-se tratar, em português:

- “Melhoria” OR “Avaliação” & “Usabilidade” OR “Facilidade de uso” & “Sistemas de apoio”
- “*Design*” OR “Inovações” & “Jogos Sérios” & “Reabilitação física” OR “Fisioterapia”
- “Jogos” & “Movimento” & “Sessões de fisioterapia”

E em inglês:

- “Improvement” OR “Evaluation” & “Usability” OR “Ease of Use” & “Support Systems”
- “Improvement” OR “Evaluation” & “Usability” OR “Ease of Use” & “Support Systems”
- “Games” & “Movement” & “Physiotherapy sessions”

E com o objetivo de verificar o desenvolvimento ou continuidade dos trabalhos, foram recuperados do trabalho antecedente, as *strings* de busca utilizadas para a pesquisa, tanto em português quanto em inglês, as quais foram: “gamificação nas sessões de fisioterapia”, “*gamification in physical therapy*”, “reabilitação virtual”, “*virtual rehabilitation*”.

Essas buscas foram realizadas nas bases de dados do Google Acadêmico, *Scielo*, PubMed e IEEE Xplore. Logo após, foram definidos alguns critérios de exclusão, sendo eles, trabalhos publicados além dos últimos três anos, que não tratam de fisioterapia humana, ou em um contexto muito diferente ao qual mesmo tratando de um dos assuntos pesquisado, não foi possível associar com esta pesquisa. Ao final da primeira filtragem, deu-se início a leitura dos resumos dos trabalhos, e efetuada uma metanálise com o objetivo de combinar e resumir as conclusões, agrupando e padronizando os dados extraídos. Para os critérios de seleção, utilizou-se as seguintes perguntas, “Este projeto utiliza a *Unity*?”, “Este projeto contém um sistema de apoio?”, “Há a utilização de sensores e microcontroladores neste projeto?”, “Este projeto utiliza técnicas de *design* de jogos?”, “Este projeto desenvolve jogos sérios?”. Com base nas respostas obtidas, definidas como “sim” ou “não”, alguns trabalhos foram excluídos, restando um conjunto de trabalhos que possuíam alguma contribuição para a pesquisa. A seguir os trabalhos selecionados são apresentados.

Neste sentido, após aplicar as *strings* de pesquisa nas diferentes bases e, logo após, aplicar os critérios de inclusão e exclusão, foram selecionados quatro trabalhos

principais. Estes trabalhos abordam os aspectos que pretende-se aprimorar na solução, são eles: Sistema (facilidade de uso), Jogo (*design*, novos jogos e diferentes movimentos), Comunicação: (*unity*, microcontrolador e aplicativo flutter).

3.5.1 Avaliação de usabilidade para sistemas interativos

Cavalcanti (2019) trás uma proposta de avaliação de usabilidade para sistemas interativos de realidade aumentada na prática de reabilitação motora, que apresenta um estudo baseado em 32 artigos de pesquisa, abrangendo uma ampla variedade de métodos, abordagens, perfis de participantes e resultados. Esse estudo sintetiza as descobertas dessas pesquisas e desenvolve um método para avaliar a usabilidade de sistemas voltados para a área da saúde.

A dissertação tem como objetivo propor uma avaliação de usabilidade para sistemas interativos de realidade aumentada na prática de reabilitação motora. O estudo utilizou como objeto de estudo o jogo ARkanoidAR, que emprega realidade aumentada para rastrear movimentos corporais em 3D e exibir instruções precisas para correção de movimentos por meio de *feedback*.

Os resultados obtidos demonstraram semelhanças na análise das interações entre os grupos de pacientes e usuários saudáveis. No entanto, o desempenho do grupo de pacientes apresentou maior variação e médias menores em comparação com o grupo de usuários saudáveis. Essa diferença sugere que os pacientes podem enfrentar desafios adicionais durante a utilização do sistema de realidade aumentada para reabilitação motora. Ao unir os conhecimentos de diferentes pesquisas, essa proposta contribui para o avanço da avaliação de usabilidade de sistemas voltados para a área da saúde, fornecendo informações valiosas sobre o desempenho e as limitações dessas tecnologias quando aplicadas à reabilitação motora, e conclui com uma série de perguntas que auxiliam no desenvolvimento de uma nova tecnologia. As tabelas 1, 2, 3 e 4, apresentam a série de perguntas elencadas por Cavalcanti.

Segundo Peres, Pham e Phillips (2013) *apud* (Cavalcanti, 2019), *System Usability Scale* (SUS) não é adequado como uma ferramenta de diagnóstico, uma vez que não consegue fornecer informações específicas sobre as experiências ou omissões do usuário ao utilizar o sistema. Por conseguinte, é frequentemente utilizado como um ponto de partida para identificar possíveis problemas de usabilidade no sistema, embora sem detalhar especificamente quais são eles.

Tabela 1 – Questionário SUS do trabalho de Cavalcanti

Questionário	Pergunta	Sentença	Característica investigada
SUS	1. Eu acho que eu gostaria de usar esse jogo frequentemente.	Positiva	Usabilidade
	2. Eu acho o jogo desnecessariamente complexo.	Negativa	Usabilidade
	3. Eu achei o jogo fácil de usar.	Positiva	Usabilidade
	4. Eu acho que eu precisaria de suporte técnico para ser capaz de usar esse jogo.	Negativa	Aprendizagem
	5. Eu achei que as várias funcionalidades do jogo estavam bem integradas	Positiva	Usabilidade
	6. Eu achei que havia muita inconsistência no jogo.	Negativa	Usabilidade
	7. Eu imagino que a maioria das pessoas aprenderia a usar esse jogo rapidamente	Positiva	Usabilidade
	8. Eu achei o jogo muito complexo de se usar	Negativa	Usabilidade
	9. Eu me senti muito confiante usando o jogo.	Positiva	Usabilidade
	10. Eu precisei aprender várias coisas antes que eu pudesse usar o jogo adequadamente.	Negativa	Aprendizagem

Fonte: Adaptado de Cavalcanti (2019)

Para medir a percepção e compreensão dos usuários em relação aos recursos de *feedback* visuais e sonoros para correção de erros na interface do jogo, utilizaram questionários específicos personalizados. Esses questionários foram projetados para coletar dados de diferentes grupos de usuários, a fim de investigar se eles foram capazes de visualizar e compreender as mensagens transmitidas, bem como identificar suas preferências em relação a essas informações.

Tabela 2 – Questionário de Áudio do trabalho de Cavalcanti.

Questionário	Pergunta	Sentença	Característica investigada
Áudio	1. Os sons me estimularam a continuar jogando.	Positiva	Feedback
	2. A linguagem e termos utilizados na mensagem de áudio eram de difícil compreensão.	Negativa	Correspondência entre o sistema e o mundo real
	3. A quantidade de sons no jogo me irritou.	Negativa	Visibilidade do status do sistema
	4. Os sons me ajudaram a perceber que eu estava errando.	Positiva	Reconhecimento diagnóstico e recuperação de erros
	5. A velocidade da mensagem de áudio foi suficiente para compreendê-la.	Positiva	Visibilidade do status do sistema
	6. Os sons me ajudaram a realizar o movimento corretamente.	Positiva	Prevenção de erros

Fonte: Adaptado de Cavalcanti (2019)

Tabela 3 – Questionário de Imagens do trabalho de Cavalcanti.

Questionário	Pergunta	Sentença	Característica investigada
Imagem	1. Não entendi a frequência com que a ilustração aparecia.	Negativa	Visibilidade do status do sistema

Continua na próxima página

Tabela 3 – *Continuação da página anterior*

Questionário	Pergunta	Sentença	Característica investigada
	2. A ilustração me ajudou a perceber o que eu estava errando.	Positiva	Reconhecimento diagnóstico e recuperação de erros
	3. Não consegui entender a mensagem que a ilustração animada queria passar	Negativa	Significantes / Rápido aprendizado
	4. A ilustração me ajudou a realizar o movimento corretamente.	Positiva	Prevenção de erros
	5. O local onde a imagem apareceu não favoreceu sua visualização.	Negativa	Visibilidade do status do sistema
	6. O tempo de exibição da imagem foi suficiente para compreendê-la.	Positiva	Visibilidade do status do sistema

Fonte: Adaptado de Cavalcanti (2019)

Tabela 4 – Questionário de Texto do trabalho de Cavalcanti.

Questionário	Pergunta	Sentença	Característica investigada
Texto	1. Consegui ler claramente as mensagens de texto que o sistema exibia.	Positiva	Visibilidade do status do sistema
	2. O texto me ajudou a compreender o que eu estava errando	Positiva	Reconhecimento diagnóstico e recuperação de erros

Continua na próxima página

Tabela 4 – Continuação da página anterior

Questionário	Pergunta	Sentença	Característica investigada
	3. A linguagem e termos utilizados pelo sistema eram de difícil compreensão.	Negativa	Correspondência entre o sistema e o mundo real
	4. O tempo de exibição do texto foi suficiente para a leitura.	Positiva	Visibilidade do status do sistema
	5. O local onde o texto apareceu não favoreceu sua visualização.	Negativa	Visibilidade do status do sistema
	6. O texto apresentava bom tamanho e cor para sua leitura.	Positiva	Visibilidade do status do sistema

Fonte: Adaptado de Cavalcanti (2019)

Nas discussões do estudo, Cavalcanti conclui que, dos três tipos de *feedback* avaliados, o sonoro foi o preferido pelos usuários. Essa preferência foi evidenciada pelas opiniões expressas nos questionários e confirmada nos relatórios de taxa de sucesso dos movimentos em todos os grupos. Os dados sugerem que o *feedback* sonoro é eficaz na orientação adequada dos exercícios para os usuários iniciantes no jogo. Isso provavelmente ocorre porque essas informações não precisam competir com outros elementos visuais do jogo para transmitir sua mensagem.

3.5.2 Checklist para desenvolvimento de jogos sérios

Já Pillon (2015), propõe um *checklist* para auxiliar no desenvolvimento e avaliação de jogos digitais em realidade virtual para a reabilitação virtual de idosos. Essa abordagem oferece um guia sistemático e abrangente para o desenvolvimento e avaliação de jogos digitais em realidade virtual voltados para a reabilitação de idosos, levando em consideração aspectos terapêuticos, motivação, interação e segurança. O *checklist*

proposto busca promover a criação de artefatos digitais que sejam eficazes, seguros e adequados às necessidades dos idosos durante o processo de reabilitação virtual (Pillon; SILVA, 2022). Para verificar a eficácia do *checklist* proposto, foi realizado um grupo focal confirmatório com a participação de dois indivíduos. A coleta de dados foi realizada por meio de entrevistas semiestruturadas.

Foi realizada uma revisão da literatura com o objetivo de identificar um conjunto de diretrizes específicas para a reabilitação virtual de idosos. Em seguida, foi aplicada a técnica de *card sorting* para organizar e sistematizar esse conjunto de diretrizes. Com base nisso, foi apresentado um *checklist* contendo 30 itens, agrupados em quatro categorias, terapia, motivação, interação e segurança, conforme segue:

- Terapia

- Coleta de dados - Os dados devem ser coletados para que o terapeuta possa verificar o desempenho do paciente em cada sessão e acompanhar o seu progresso. Algumas informações que podem ser relatadas são: desempenho, completude dos exercícios, tempo de jogo e assiduidade do paciente.
- Adaptabilidade - O jogo deve apresentar uma variabilidade de exercícios para que possam atender a diferentes pacientes com necessidades específicas.
- Repetição - A repetição da atividade ajuda na memorização e no desenvolvimento do paciente, sendo interessante que o paciente retorne ao jogo sempre que possível.
- Movimento - A aprendizagem motora é mais eficaz quando a prática inclui condições ambientais e de movimento semelhantes às exigidas em um contexto real. Por exemplo treinar caminhada utilizando simulações em uma esteira. Sendo assim, devem-se incluir movimentos que sejam úteis para ajudar nas tarefas do dia a dia.

- Motivação

- Dificuldade - Dado que pode existir uma grande variedade de características dos pacientes, é importante oferecer a possibilidade de ajustar a dificuldade do jogo conforme as habilidades de cada jogador. Outros autores também mencionam que é importante manter os jogadores no Estado de *Flow*. Desse modo, a dificuldade do jogo é balanceada de acordo com as habilidades de cada pessoa para que eles permaneçam envolvidos com a experiência.

- Objetivos e resultados - O jogo deve oferecer metas claras, assim como os resultados esperados no jogo. O objetivo (ou meta) indica o que o jogador deve fazer no jogo, por exemplo, obter pontuação máxima, chegar ao fim, vencer o chefe, pegar a bandeira, conseguir as melhores cartas, etc. Já os resultados são uma forma de medir se o jogador alcançou ou não os objetivos.
- Música - A música deve estar apropriada à idade, bem como ao objetivo do jogo ou aos movimentos realizados. Uma possibilidade é que os próprios usuários possam alterar o estilo de música preferido na página de configurações do aplicativo.
- História - A história do jogo deve se aproximar das atividades diárias. Essas atividades podem incluir esportes, natação, remo, exercícios, dança, jogos de quebra-cabeça, passeios na natureza, etc.
- Tema - O tema do jogo deve estar relacionado aos interesses. O acesso ao mundo dos jogos digitais é mais fácil, quando os gestos necessários estão relacionados às ações na vida real.
- Tempo - Ao contrário dos jogadores mais experientes, os idosos precisam de mais tempo para se envolver com um jogo. Eles precisam de tempo para entender o que está acontecendo e planejar uma reação.
- Recompensas - Os jogos devem oferecer recompensas e *feedback* positivo. As recompensas e o *feedback* positivos são benefícios que se recebe com base no bom desempenho ou ao concluir uma tarefa com sucesso.
- Nível de progresso - É recomendado que o progresso seja comunicado através da pontuação do exergame. A pontuação é um indicador numérico que mostra o desempenho do jogador.
- Interação social - A interação social ajuda na aprendizagem do jogo, aumenta a diversão e é um fator importante para a motivação.
- Diversão - O treinamento deve incluir a diversão e ser envolvente. A diversão em um jogo está relacionada a vários fatores, como: descoberta, entusiasmo, fantasia, medo/admiração, prazer e surpresa.
- Informações - Os jogos devem mostrar informações para incentivar as pessoas a serem mais ativas. Entretanto, as informações importantes devem vir após a jogabilidade para não desviar a atenção dos pacientes.

- Interação

- Interface - Diferentes autores abordam o tópico “interface” nos artefatos para a reabilitação virtual. A interface deve ser fácil de usar para que eles possam se concentrar no exercício do jogo.
- Cores - Os idosos enxergam melhor as cores vivas e quentes, como vermelho, laranja e amarelo, do que as frias, como o azul e roxo. Eles podem ter dificuldade em distinguir as cores escuras e os tons pastéis. Também pode haver uma redução na acuidade visual, tornando as imagens próximas desfocadas e os detalhes das texturas difíceis de discriminar. Portanto, devem-se utilizar cores quentes e brilhantes (intensas) com texturas simples.
- Botões - Os botões da interface devem ser grandes e com uma distância grande entre eles. Pesquisas indicam que o tamanho ideal de um alvo de toque na interface de dispositivos móveis é de 1 x 1 centímetros (cm). Os alvos muito pequenos e abarrotados representam um desafio para os usuários, principalmente para o público de idosos.
- Texto - Deve-se fornecer *feedback* sonoro através de um texto gravado. Caso seja necessário apresentar textos, é importante utilizar fontes grandes e claras.
- Áudio - O áudio ambiental permite ouvir o som na direção em que ele está sendo emitido. Ele pode ser utilizado para orientar a atenção do usuário para uma determinada área do cenário.
- Feedback - O *feedback* é qualquer informação sobre como uma habilidade foi realizada e a eficácia com que foi executada. O *feedback* pode ser visual e auditivo, das ações do jogador, ou mesmo das ações erradas.
- Animações - As animações são mais eficazes do que imagens estáticas ou textos para transmitir as informações sobre os movimentos a serem realizados no jogo.
- Gráficos - É importante evitar o excesso de informações na tela, pois os idosos podem ter dificuldade de encontrar os objetos em cenas visualmente complexas. Também se devem evitar objetos pequenos e com movimentos rápidos.
- Configuração e instalação - Os jogos devem ser fáceis de configurar e executar, mostrar a língua nativa do usuário, assim como apresentar recursos ajustáveis

para que possam ser modificados conforme as necessidades de cada paciente. Estes recursos podem ser apresentados por meio de um controle deslizante (*slider*). Eles são ótimos para ajustar o volume, o brilho e a cor da tela.

- Assistência - Dado que os idosos podem, eventualmente, apresentar deficiências visuais e/ou auditivas, é importante utilizar diferentes recursos, sejam visuais, auditivos, ou vibrotátil para fornecer assistência adequada para o jogador.
 - Autonomia - A autonomia se refere à capacidade do paciente poder jogar sozinho sem a presença de um profissional de fisioterapia.
 - Entrada de dados - Convém utilizar o movimento do jogador como entrada principal para a interação com o jogo .
- Segurança
 - Aspectos fisiológicos - É importante adotar algumas medidas para garantir que os usuários utilizem os óculos de realidade virtual com conforto e segurança.
 - Suporte - Refere-se ao uso de tutoriais ou sugestões para que os jogadores possam aprender as habilidades necessárias no jogo.
 - Dados pessoais - Deve-se evitar mostrar dados pessoais na tela, como o índice de massa corporal (IMC) e o resultado dos testes de equilíbrio. A exposição dos dados pessoais deve ser omitida em jogos multijogador.

3.5.3 Coletânea de exergame

Belfort et al. (2022) apresenta o desenvolvimento de um a coletânea de exergames para reabilitação neurológica denominada de Therapy Game and System (TGS). Inicialmente, elaboraram um Game Design Document (GDD) que abordou todos os detalhes, desde a divisão dos membros da equipe até a mecânica dos jogos. A *engine* de desenvolvimento de jogos eletrônicos *Unity 2018*, que utiliza a linguagem de programação *C#*, foi utilizada para implementar todo o conceito do *software*, e o programa *Photoshop 2020* foi utilizado para desenhar o *layout* gráfico.

Para a jogabilidade, empregaram o conceito de Interface Humana do Usuário. Desenvolveram seis jogos, ilustrados nas figuras 4, 5 e 6, divididos em duas coletâneas de três cada. Ambas as coletâneas foram registradas como programas de computador no Núcleo de Inovação e Propriedade Intelectual (NIPI). Testes preliminares foram realizados, nos quais os jogos se mostraram funcionais, porém ajustes gráficos e de jogabilidade ficaram para serem feitos no futuro. Essa tecnologia é de baixo custo e foi desenvolvida com embasamento científico sobre o tema, além de refinamentos contínuos no *software*, visando proporcionar uma experiência agradável e efetiva aos pacientes.

Figura 4 – Jogos Sérios para Reabilitação neurológica



(a) O Alpinista



(b) O Maratonista



(c) Martelada

Fonte: Belfort et al. (2022)

Figura 5 – Jogos Sérios para Reabilitação neurológica: Fuga na Selva



Fonte: Belfort et al. (2022)

Figura 6 – Jogos Sérios para Reabilitação neurológica



(a) O Motoqueiro

(b) O Xerife

Fonte: Belfort et al. (2022)

3.5.4 Plataforma de fisioterapia gamificada

O trabalho de Moura (2021) apresenta o desenvolvimento de uma plataforma de fisioterapia gamificada para promover o engajamento e a motivação dos pacientes durante o processo de reabilitação. Foi observado que os pacientes muitas vezes não realizam os exercícios prescritos em casa devido ao medo de lesões e falta de motivação.

Para resolver esse problema, Moura cria uma *Progressive Web-App* (PWA) que pode ser acessada em diferentes dispositivos, como *tablets*, *smartphones* e *notebooks*. A interface da plataforma foi projetada de forma intuitiva e direta, considerando que o público-alvo é composto por pacientes idosos, entre 60 e 90 anos de idade.

Antes do desenvolvimento da plataforma, Moura realiza uma revisão bibliográfica sobre gamificação, engajamento e métodos de apresentação de vídeo em plataformas online. Com base nessa revisão, foram escolhidos os elementos de gamificação a serem implementados na plataforma.

A plataforma foi dividida em duas partes: a plataforma do fisioterapeuta, onde eles podem prescrever exercícios aos pacientes, e a plataforma gamificada, onde os pacientes

podem realizar os exercícios de forma interativa. Além disso, desenvolveu-se uma versão não gamificada para comparação.

Os resultados mostraram que a plataforma gamificada foi mais eficiente em manter os pacientes envolvidos e motivados em comparação com a versão não gamificada. Embora ambas as plataformas tenham sido benéficas, a gamificação proporcionou um maior envolvimento dos pacientes com a tecnologia e o exercício físico.

Por meio de questionários aplicados aos pacientes, foi possível concluir que o uso da gamificação aumentou a motivação e o envolvimento dos pacientes com a plataforma e o exercício físico. Além disso, a tecnologia PWA foi considerada intuitiva e fácil de usar pelos pacientes idosos, mostrando ser uma vantagem valiosa no desenvolvimento de tecnologia para esse público-alvo. Em resumo, a plataforma gamificada de fisioterapia demonstrou ser uma abordagem eficaz para aumentar a motivação e o envolvimento dos pacientes idosos com os exercícios de reabilitação, oferecendo uma solução viável e vantajosa no contexto da tecnologia progressiva.

3.5.5 Tennis Game Physio

O trabalho Tennis Game Physio buscou desenvolver uma solução computacional em *hardware* e *software* que utilize metodologias de gamificação para auxiliar os profissionais de fisioterapia nas sessões de reabilitação de amputados de membros superiores e inferiores, na etapa pré-protética e protética. O objetivo principal é criar um simulador de partida de tênis de mesa que permita aos pacientes atingir o estado de *flow* durante a sessão.

Para alcançar esse objetivo, é desenvolvida uma aplicação móvel que coleta os dados do sensor giroscópio do *smartphone* e os envia, por meio de uma comunicação *Bluetooth* com a placa de prototipação Arduino, para o simulador. Esses dados são utilizados para movimentar a raquete virtual no jogo. Além disso, os profissionais de fisioterapia têm acesso a uma ferramenta integrada ao simulador de partida de tênis, que lhes permite acompanhar o progresso dos pacientes após as partidas.

Em resumo, essa solução se mostra eficaz para auxiliar tanto os pacientes quanto os profissionais de fisioterapia durante as sessões de reabilitação física de forma mais atrativa e divertida, promovendo maior motivação e engajamento por parte dos pacientes e fornecendo aos fisioterapeutas informações mais objetivas e personalizadas sobre o progresso de cada paciente (Pinheiro, 2021).

3.5.6 Análise dos correlatos

O trabalho de Cavalcanti (2019) apresenta informações relevantes para este projeto, visto que apresenta um método para avaliar questões referentes a usabilidade do sistema com o enfoque em reabilitação física. A usabilidade é um aspecto fundamental para garantir que o sistema de reabilitação seja intuitivo, fácil de usar e eficiente para os pacientes. Com base nas diretrizes e métodos propostos por Cavalcanti, foi possível realizar uma avaliação abrangente da usabilidade do sistema desenvolvido, identificar possíveis problemas, e realizar melhorias com o objetivo de fornecer uma experiência mais satisfatória e efetiva aos usuários.

O trabalho de Pillon (2015) também apresenta informações relevantes ao projeto, pois elucida requisitos essenciais para o desenvolvimento de um bom jogo voltado para a saúde. Considerando que o Physio Games utiliza jogos sérios para aumentar a motivação e o engajamento dos pacientes, é essencial compreender os requisitos que um jogo voltado para a saúde deve atender. Por meio das diretrizes propostas por Pillon, foi possível garantir que o jogo desenvolvido seja envolvente, desafiador e adequado para auxiliar na reabilitação física dos pacientes amputados.

O trabalho de Belfort et al. (2022) se mostra relevante uma vez que trata de diferentes jogos sérios que podem servir como inspiração para tratar diferentes movimentos. A reabilitação física abrange uma variedade de movimentos e habilidades que os pacientes precisam recuperar ou aprender a realizar de forma adaptada. Ao explorar os jogos sérios apresentados por Belfort, foi possível obter *insights* valiosos sobre como desenvolver atividades e desafios específicos para cada tipo de movimento, tornando o processo de reabilitação mais abrangente e personalizado.

O trabalho de Moura (2021) se mostra a solução mais próxima a abordagem proposta. Esse trabalho apresenta resultados e métodos de avaliação que podem ser úteis para o trabalho. Ao analisar os resultados e as abordagens propostas por Moura, foi possível vislumbrar referências valiosas para a avaliação da eficácia e dos benefícios do sistema proposto. O processo de análise dos trabalhos correlatos viabilizou o conhecimento sobre os projetos existentes na literatura, e contribuir para o aprimoramento das solução desenvolvida.

E por fim, o trabalho de Pinheiro (2021), que serviu de base para iniciar os estudos. Originalmente, o sistema Tennis Game Physio foi o sistema precursor, e o objetivo era tornar tal sistema flexível para adição de novos jogos. Porém, com as dificuldades

encontradas do desenvolvimento em Unity, optou-se pelo desenvolvimento de um novo sistema. Contudo, algumas questões de lógica, organização das telas, requisitos do sistema, foram mantidos, sendo assim, o sistema Tennis Game Physio possui uma grande contribuição para este projeto.

Em resumo, os trabalhos correlatos forneceram orientações, requisitos, inspirações e métodos de avaliação que contribuíram para a modelagem o desenvolvimento do aprimoramento do sistema de apoio a sessões de reabilitação física mais eficaz, intuitivo e envolvente, visando o melhor suporte aos pacientes amputados de membros superiores e inferiores durante o processo de reabilitação. Resumidamente, a relevância de cada trabalho, para este trabalho, está apresentada na tabela 5, com o aspecto em que cada correlato irá colaborar com esta pesquisa.

Tabela 5 – Tabela de síntese dos fatores aplicáveis dos trabalhos correlatos

Autor	Aspecto	Relevância para este trabalho
(Cavalcanti, 2019)	Sistema para os fisioterapeutas	Traz um método para avaliar a usabilidade do sistema
(Pillon, 2015)	Jogo Sérioo	Traz requisitos para o desenvolvimento de um jogo voltado para a saúde
(Belfort et al., 2022)	Jogos e diferentes movimentos	Trata de diferentes jogos sérios que podem servir de inspiração para tratar diferentes movimentos
(Moura, 2021)	Sistema gamificado	É um projeto próximo desta solução, e traz resultados e métodos de avaliação que podem ser úteis para este trabalho.
(Pinheiro, 2021)	Jogo sério	É o projeto base.

Fonte: Autor (2023)

3.5.7 Tecnologias utilizadas

O Firebase é uma plataforma de desenvolvimento de aplicativos móveis e web oferecida pelo Google que fornece uma variedade de serviços, incluindo autenticação, armazenamento em nuvem, banco de dados em tempo real e hospedagem, entre outros. No contexto do projeto, Firebase é utilizado para gerenciar a autenticação, garantindo a segurança e controle de acesso aos dados do jogo. Sua integração simplifica a

implementação de recursos essenciais, permitindo aos desenvolvedores focarem na funcionalidade principal do aplicativo.

Firestore é um banco de dados NoSQL em tempo real também fornecido pelo Google como parte do Firebase. Ele é projetado para armazenar e sincronizar dados em tempo real entre os clientes, oferecendo uma solução eficaz para aplicativos que requerem atualizações em tempo real. No projeto Physio Games, o Firestore é utilizado para armazenar os dados coletados durante as sessões de jogo, possibilitando que o *front-end*, desenvolvido em React, consuma esses dados.

React é uma biblioteca JavaScript de código aberto mantida pelo Facebook. Ela é usada para construir interfaces de usuário interativas e reativas para aplicativos web. No contexto do projeto é desenvolvido em React, proporcionando uma experiência de usuário fluida e responsiva para os fisioterapeutas. React simplifica a criação de componentes reutilizáveis e facilita a atualização dinâmica da interface com base nos dados recebidos do Firestore, permitindo a geração de gráficos e análises do desempenho do paciente.

Figma é uma plataforma de *design* colaborativo baseada na nuvem que permite a criação, prototipagem e colaboração em projetos de *design* de forma eficiente. O Figma é amplamente utilizado por equipes de *design* e desenvolvimento para criar interfaces de usuário interativas e visualizar o layout de aplicativos e sites. Uma das principais vantagens é a capacidade de colaboração em tempo real, permitindo que membros da equipe trabalhem simultaneamente em um projeto, visualizem alterações em tempo real e forneçam *feedback* instantâneo. Além disso, o Figma oferece recursos robustos para criar *wireframes*, protótipos interativos e até mesmo para gerar código para implementação, tornando-se uma ferramenta abrangente para o ciclo de vida de *design* de produtos digitais.

4 PROPOSTA DO AMBIENTE PHYSIO GAMES

Neste capítulo é abordada a descrição do projeto Physio Games, e como se deu a modelagem do sistema como um todo, do nó sensor, do sistema de integração, do *web-app* e do banco de dados. Por fim são apresentadas as novas fases as quais foram desenvolvidas.

4.1 Descrição da Proposta do ambiente integrado

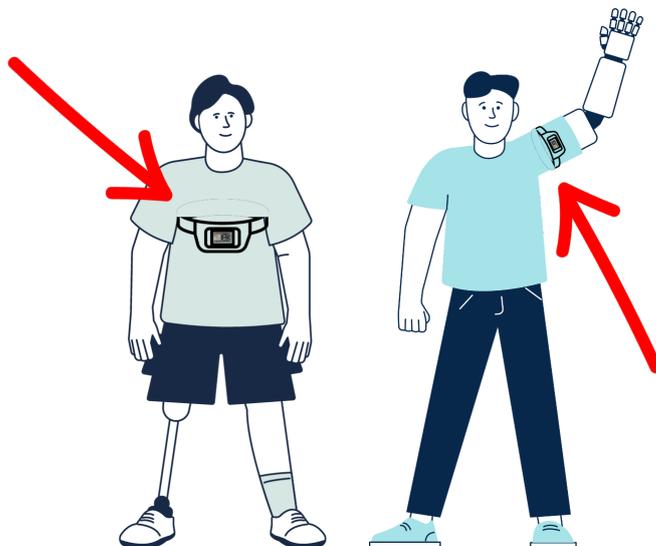
O projeto Physio Games propõe um ambiente integrado para a reabilitação fisioterapêutica, utilizando jogos desenvolvidos na plataforma Godot. A Godot é um motor de jogo de código aberto e gratuito que permite o desenvolvimento de jogos 2D e 3D, oferece uma interface de usuário intuitiva e flexível, além de suportar diversas plataformas e utilizar a linguagem de script GDScript, baseada em Python, tornando-a uma escolha popular para desenvolvedores de jogos independentes. O controle do jogo é realizado por um NodeMCU ESP32, que utiliza um sensor MPU-6050 (Acelerômetro e Giroscópio de 3 Eixos). A comunicação de dados entre o sensor e o computador ocorre por meio de USB Serial, superando desafios encontrados na comunicação *bluetooth*.

Ao finalizar o jogo, os dados são enviados para o Firestore por meio de requisições *HyperText Transfer Protocol* (HTTP). O sistema web gera gráficos que apresentam variáveis relevantes, como tempo de jogo, movimentos realizados e pontuação alcançada. Essa abordagem proporciona uma visão abrangente do desempenho do paciente durante as sessões de reabilitação.

O sistema Physio Games integra um NodeMCU ESP32 como dispositivo de controle, que funciona como um joystick para o paciente durante as sessões de reabilitação. Para garantir uma experiência confortável e prática, o NodeMCU ESP32 é fixado no braço ou no peito do paciente, como é ilustrado na figura 7, usando um suporte de braço para celular, como os utilizados em atividades de corrida, presente na figura 8.

O NodeMCU ESP32, conectado ao computador via USB, estabelece uma comunicação direta para enviar os dados do giroscópio à Godot. Essa configuração permite uma transmissão em tempo hábil das informações de movimento capturadas pelo sensor MPU-6050 presente no NodeMCU ESP32. A Godot, por sua vez, utiliza esses dados para controlar o avatar do paciente no jogo, proporcionando uma interação imersiva e controlada pelo movimento do paciente. Na figura 9 podemos observar os eixos os

Figura 7 – Como posicionar



Fonte: Autor (2023)

Figura 8 – Suporte de braço para o NodeMCU ESP32

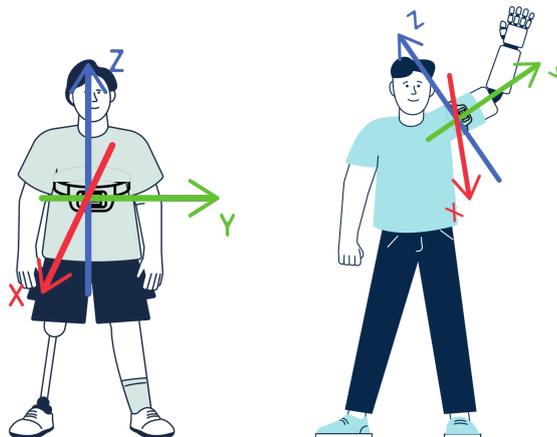


Fonte: Mercado Livre

quais o paciente possui movimentos capturados, ao fixar o NodeMCU ESP32 no braço o paciente tende a exercitar a musculatura da região, manipulando os valores do eixo X ao mover seu braço em diferentes direções para controlar o avatar. Ao fixar no peito o paciente pode trabalhar o equilíbrio manipulando os eixos X e Y, projetando seu corpo para frente e para trás ou para a direita e para a esquerda, controlando o avatar.

Ao finalizar a partida, os dados resultantes são enviados para o Firebase pela Godot. Os dados ficam disponíveis para visualização no *web-app*, desenvolvido em React. Nesse ambiente, fisioterapeutas podem acessar informações detalhadas sobre o desempenho do paciente, incluindo o tempo de jogo, os movimentos realizados e a pontuação alcançada.

Figura 9 – Eixos de movimentos detectáveis



Fonte: Autor (2023)

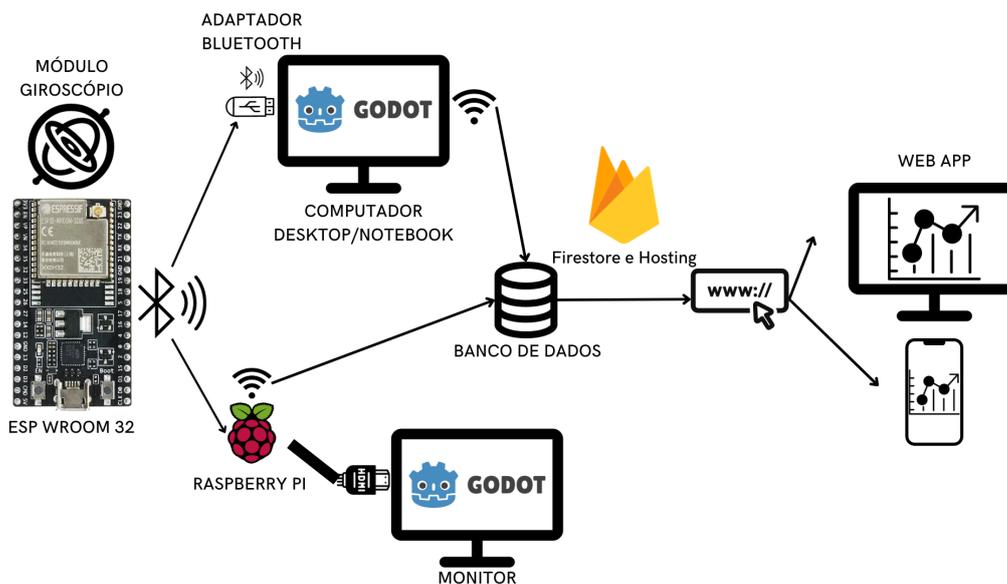
4.2 Modelagem do Sistema

O *software* compreende dois sistemas distintos. O primeiro é desenvolvido em Godot, utilizando GDScript para criar jogos terapêuticos imersivos. O segundo é um *web-app* implementado em React, fornecendo uma interface acessível aos fisioterapeutas para visualização e análise dos dados coletados. A comunicação entre o sistema em Godot e o *web-app* é assegurada pela integração com o Firebase e Firestore, garantindo a consistência e a disponibilidade dos dados para avaliação do desempenho do paciente.

A proposta engloba a possibilidade de executar o sistema completo em diferentes dispositivos e sistemas operacionais com o propósito de fornecer um sistema mais barato, tendo em vista que, caso uma clínica não possua um computador, não precise comprar uma máquina inteira apenas para executar os jogos do sistema, mas sim apenas um mini-computador Raspberry pi, suficiente para executar o sistema, e um monitor. Ou caso possua um sistema operacional diferente, não precise adquirir outra máquina com o sistema operacional necessário. Com isso, a arquitetura proposta ilustrada na figura 10, onde é possível observar que o NodeMCU ESP32 deveria enviar os dados via *bluetooth*, porém houve dificuldades em encontrar materiais sobre comunicação *bluetooth* e a plataforma Godot, com isso, para evitar maiores atrasos, decidiu-se seguir o projeto usando comunicação com cabos USB.

Ao alterar o projeto para comunicação com fio, houve um novo desafio relacionado as bibliotecas disponíveis para tratar comunicação serial em diferentes sistemas operacionais, para isso, foi necessário adaptar alguns códigos escritos na linguagem de programação C para o funcionamento correto em Windows e Linux, porém

Figura 10 – Arquitetura proposta



Fonte: Autor (2023)

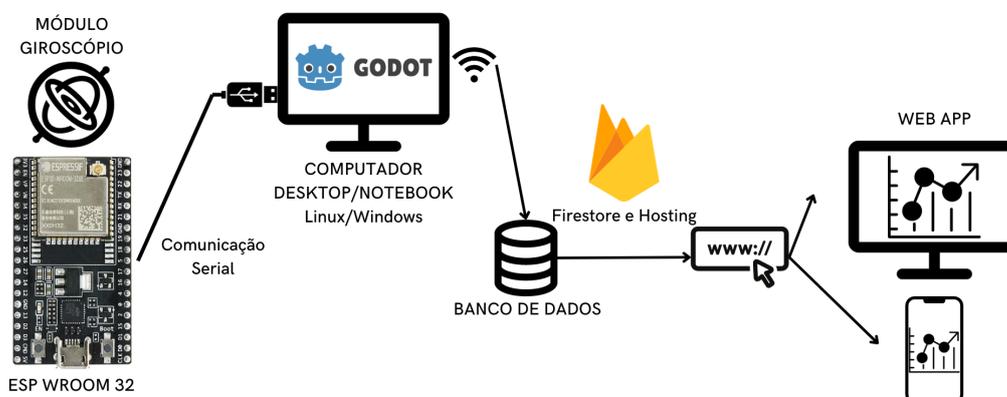
não houve tempo hábil para desenvolver para arquitetura ARM, que é a arquitetura presente nos mini-computadores Raspberry pi. Então, apesar do restante do projeto ter sido testado e funcionado dentro da Raspberry pi, o fato de não ter conseguido estabelecer uma comunicação serial a descartou dos testes finais, novamente para evitar maiores atrasos. Com isso, a arquitetura final do protótipo é apresentada na figura 11.

4.2.1 Modelagem do Nó sensor

O nó sensor é representado na figura 12 por um NodeMCU ESP32 equipado com um sensor MPU-6050, ilustrado na figura 13, que contém acelerômetro e giroscópio em três eixos. Essa escolha visa capturar de forma abrangente os movimentos realizados pelo paciente durante as atividades de reabilitação. A comunicação entre o nó sensor e o computador é estabelecida por meio de USB.

O projeto teve como base inicial o sistema Tennis Physio que utilizava a arquitetura ilustrada na figura 14, a qual foi substancialmente aprimorada para atender às novas demandas e tecnologias empregadas. Inicialmente, o sistema envolvia a interação entre um jogo desenvolvido na plataforma Unity e um Arduino Mega, utilizando um *smartphone* como sensor de movimento com dados enviados via *bluetooth*. A arquitetura antiga foi revista e atualizada para a configuração atual, conforme ilustrado na figura 11.

Figura 11 – Arquitetura final



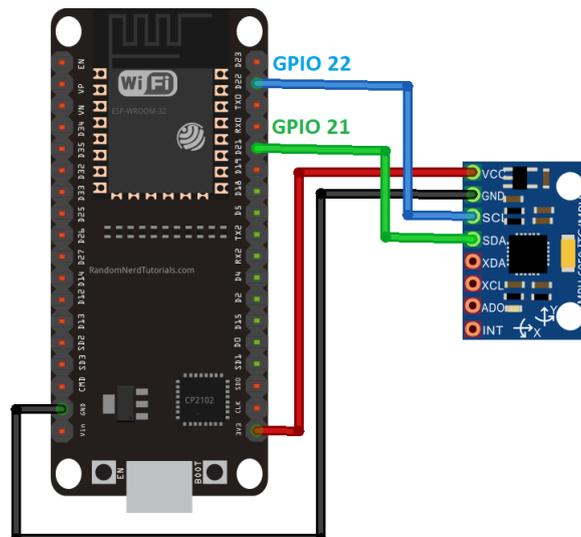
Fonte: Autor (2023)

Uma das mudanças reside na transição do uso do *smartphone* com o Arduino Mega e módulo *bluetooth* para um NodeMCU ESP32 equipado com um sensor giroscópio. Além disso, o ambiente de desenvolvimento foi migrado da Unity para o Godot. Essas alterações foram motivadas pela necessidade de executar o sistema em diferentes sistemas operacionais, o qual a plataforma Unity não fornece suporte para o desenvolvimento.

Considerando a transição do Arduino Mega com módulo HC-05 para o NodeMCU ESP32 como nó sensor, diversas vantagens foram contempladas, as quais estão resumidas na figura 15. O NodeMCU ESP32 oferece suporte nativo para conexões *bluetooth*, eliminando a necessidade de um módulo adicional. Além disso, o suporte ao *Bluetooth Low Energy* (BLE) foi considerado, proporcionando eficiência energética, interessante para uma aplicação que demanda transferência contínua de dados, como no contexto do sistema de reabilitação, porém estas vantagens ainda não foram aproveitadas por conta dos desafios encontrados na implementação da comunicação. Contudo, são vantagens válidas de se considerar pensando em projetos futuros onde todos os desafios com a comunicação *bluetooth* foram superados.

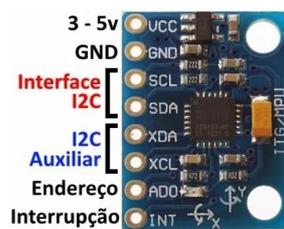
A capacidade de armazenamento expandida do NodeMCU ESP32 é fundamental para lidar com grandes volumes de dados do giroscópio e armazenar algoritmos necessários para a interpretação precisa desses dados. O processador mais avançado em comparação ao Arduino Mega contribui para um processamento mais rápido e eficiente,

Figura 12 – Esquema de ligação



Fonte: Autor (2023)

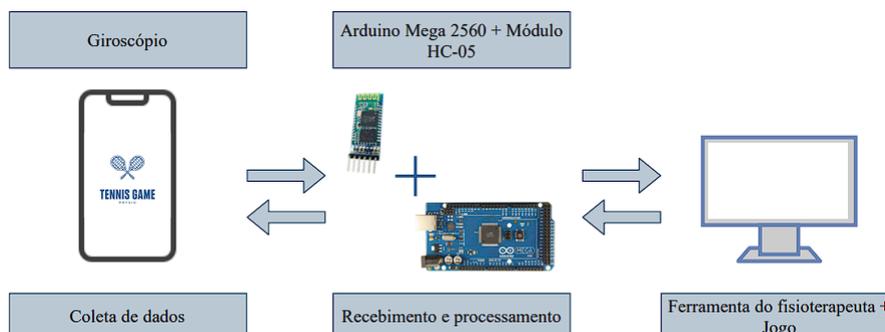
Figura 13 – Acelerômetro e Giroscópio 3 Eixos 6 Dof Mpu-6050 Gy-521



Fonte: MercadoLivre

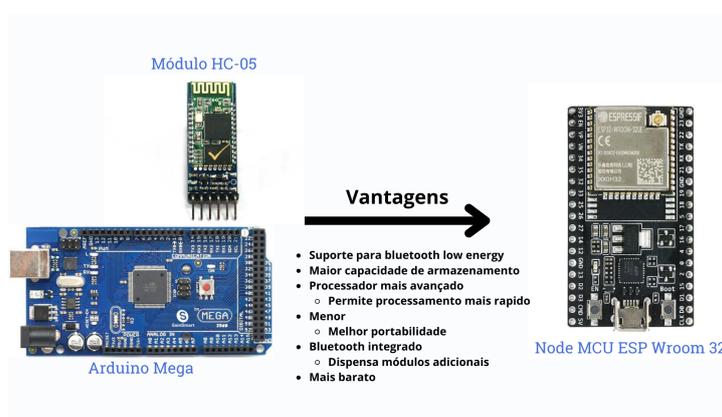
garantindo respostas ágeis e precisas aos movimentos capturados pelo giroscópio. O NodeMCU ESP32 recebe os dados do giroscópio e os processa para interpretação na Godot. A migração do Arduino para o NodeMCU ESP32 exigiu ajustes nas bibliotecas e chamadas de funções, mas a lógica subjacente permaneceu consistente.

Figura 14 – Arquitetura do Projeto Tennis Physio



Fonte: Pinheiro (2021)

Figura 15 – Vantagens do ESP32 sobre o Arduino Mega + módulo bluetooth



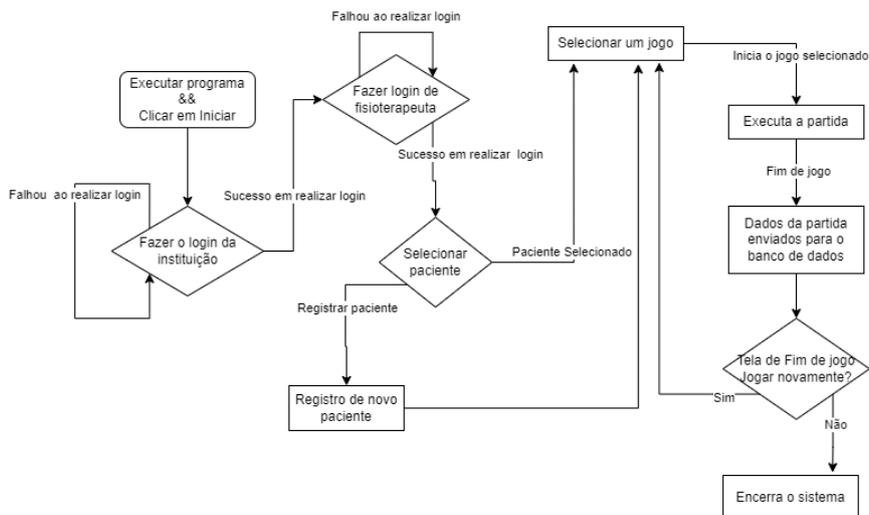
Fonte: Autor (2023)

4.2.2 Modelagem do Ambiente de jogos

O ambiente de simulação de jogos, desenvolvido na Godot, é uma peça crucial do sistema Physio Games. Projetado para proporcionar uma experiência terapêutica envolvente, o sistema apresenta elementos específicos para garantir sua eficácia e facilidade de integração de novos jogos por qualquer desenvolvedor com o mínimo de conhecimento em desenvolvimento de jogos na Godot que acompanhe a documentação de como adicionar um novo jogo, presente no apêndice B.

O sistema é estruturado em cenas, que representam unidades modulares de conteúdo e funcionalidade. Cada cena é dedicada a um aspecto específico do sistema, facilitando a adição e remoção de jogos e outras cenas conforme necessário. Dessa forma, a estrutura do sistema é adaptável e escalável, contribuindo para a expansão contínua do conjunto de jogos disponíveis. A estrutura atual das cenas é ilustrado na figura 16.

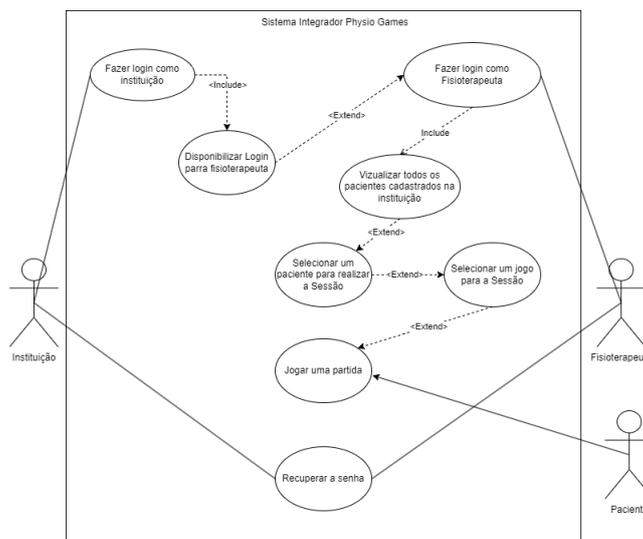
Figura 16 – Diagrama de transição de cenas do Sistema de integração de jogos



Fonte: Autor (2023)

O diagrama de caso de uso, ilustrado na figura 17, descreve as interações entre os usuários e o sistema, identificando as diferentes funcionalidades disponíveis para cada tipo de usuário. No contexto do Physio Games, esse diagrama reflete as operações disponíveis no ambiente de simulação. Isso inclui desde o login da instituição até a sessão com o jogo, proporcionando uma visão abrangente das capacidades do sistema. A autenticação com o Firebase desempenha um papel na segurança e controle de acesso ao ambiente de simulação. Através desta integração, os usuários, incluindo fisioterapeutas e o responsável da instituição, podem acessar o sistema de forma segura. Essa funcionalidade garante que apenas usuários autorizados possam interagir com o sistema, preservando a integridade dos dados. As cenas de autenticação podem ser visualizadas nas figuras 18 e 19.

Figura 17 – Diagrama de casos de uso do sistema de integração de jogos



Fonte: Autor (2023)

Figura 18 – Cena de login da instituição no sistema de integração de jogos

Login Instituição

E-mail

Senha

Entrar

Fonte: Autor (2023)

Outra cena importante para o funcionamento do sistema, é a que desempenha o papel de comunicação serial. É possível observar na figura 20 a cena responsável por iniciar a comunicação serial da Godot com o NodeMCU ESP32. O botão de prosseguir foi desenvolvido para que não seja disponível enquanto o dispositivo correto for selecionado, prevenindo erros que usuários sem conhecimento em comunicação serial selecione a porta errada.

Figura 19 – Cena de login do fisioterapeuta no sistema de integração de jogos



Login Fisioterapeuta

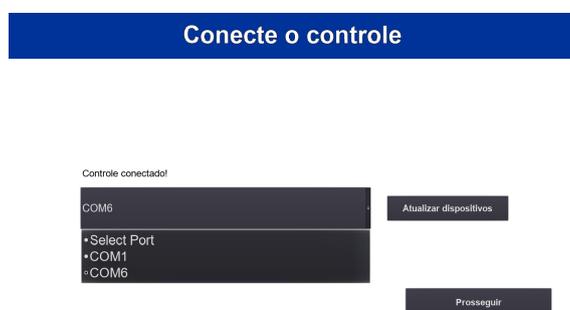
Selecione o fisioterapeuta

Senha [Esqueci minha senha](#)

Entrar

Fonte: Autor (2023)

Figura 20 – Cena de seleção do controle



Conecte o controle

Controle conectado!

COM6 [Atualizar dispositivos](#)

Select Port
COM1
COM6

Prossiguit

Fonte: Autor (2023)

Após o controle conectado, e o usuário corretamente autenticado, o sistema disponibiliza a seleção um dos pacientes previamente cadastrados ou a opção de registrar um novo. A figura 21 ilustra a cena de seleção de paciente. E logo em sequência é possível selecionar um dos jogos desenvolvidos. Ao selecionar um dos jogos, uma capa é exibida para ilustrar de qual jogo se trata como pode ser observado nas figuras 22 e 23. As cenas de jogos são tratadas nas subseções 4.2.5 e 4.2.6.

Figura 21 – Cena de seleção de paciente



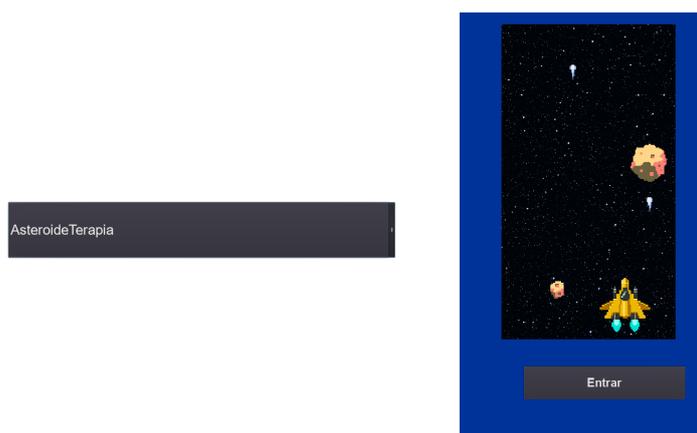
Fonte: Autor (2023)

Figura 22 – Cena de seleção do jogo 2



Fonte: Autor (2023)

Figura 23 – Cena de seleção do jogo 1



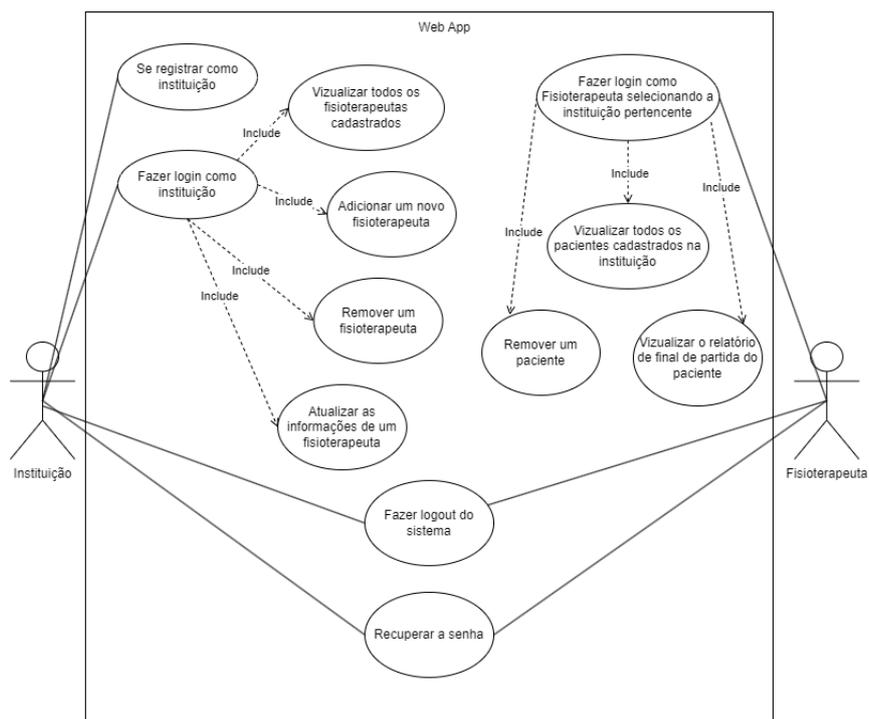
Fonte: Autor (2023)

4.2.3 Modelagem do Aplicativo Web

O *web-app*, desempenha um papel crucial para a análise e visualização dos dados coletados durante as sessões de reabilitação. Essa parte do sistema proporciona uma

interface intuitiva e informativa para fisioterapeutas, como é possível constatar pelas respostas dadas ao questionário de validação presente no apêndice D, permitindo uma compreensão detalhada do desempenho do paciente ao longo do tempo. Abaixo, está detalhado a modelagem do sistema incluindo o diagrama de casos de uso na figura 24 e as telas desenvolvidas seguindo o documento de *design* de telas presente no apêndice A.

Figura 24 – Casos de uso do Physio Games Relatórios

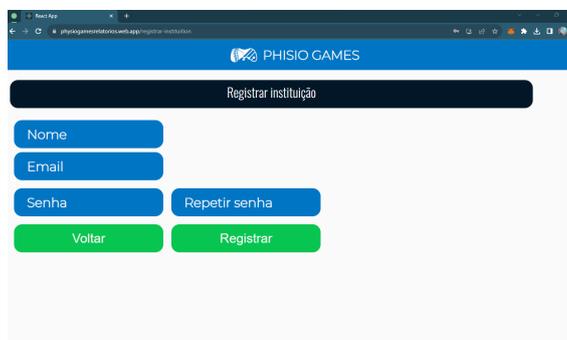


Fonte: Autor (2023)

O *design* de telas foi elaborado previamente usando o Figma. O uso do Figma visou criar uma experiência de usuário coesa e intuitiva. O documento de *design* de telas contempla a disposição dos elementos, a paleta de cores, a tipografia e a estrutura geral do *web-app*. As imagens das telas estão divididas em dois grupos: O sistema para os fisioterapeutas e o *Create, Read, Update, Delete* (CRUD) para a instituição, onde é possível gerenciar os fisioterapeutas que possuem acesso às informações sobre os pacientes de tal instituição. Iniciando pela tela de registrar uma instituição na figura 25 o responsável pode então fazer login da instituição, ilustrado na figura 26, seguido das

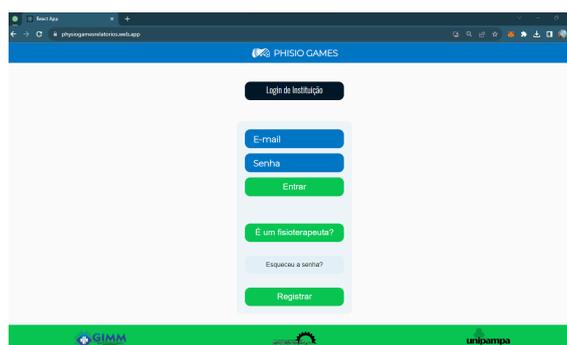
funcionalidades disponíveis que são possíveis de ler com o menu aberto ilustrado na figura 27.

Figura 25 – Tela de Registrar instituição



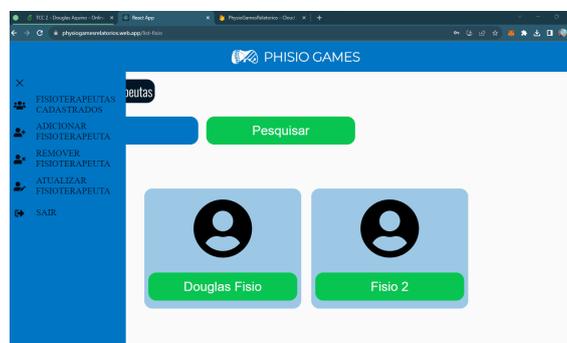
Fonte: Autor (2023)

Figura 26 – Tela de Login de instituição



Fonte: Autor (2023)

Figura 27 – Exibindo o menu lateral aberto

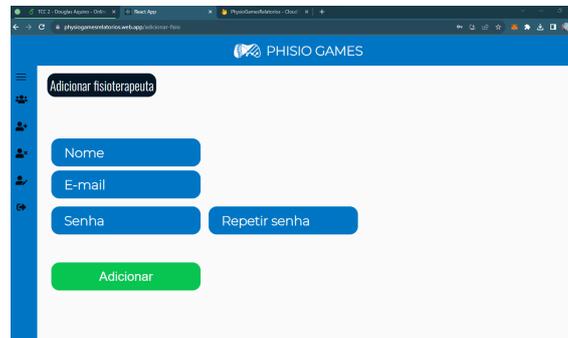


Fonte: Autor (2023)

As respectivas telas das funcionalidades do menu, iniciando por adicionar fisioterapeuta, na figura 28, listar todos os fisioterapeutas na figura 29 e excluir

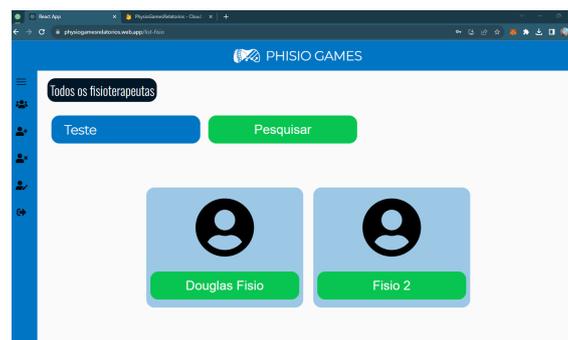
fisioterapeuta na figura 30. Em sequência temos as telas do sistema para os fisioterapeutas, começando pelo login, onde podemos observar na figura 31 que o fisioterapeuta deve selecionar a instituição a qual ele pertence.

Figura 28 – Tela de adicionar fisioterapeuta



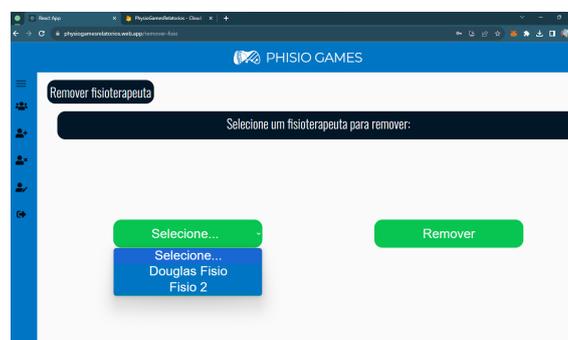
Fonte: Autor (2023)

Figura 29 – Tela de listar todos os fisioterapeuta



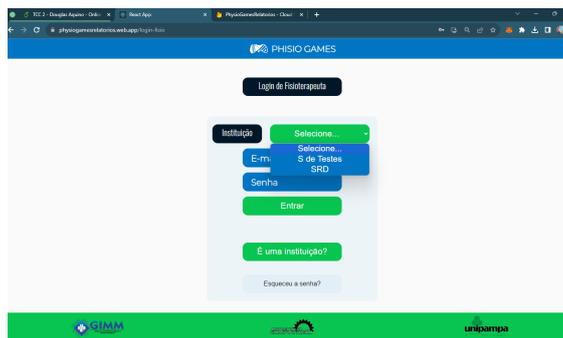
Fonte: Autor (2023)

Figura 30 – Tela de remover fisioterapeuta



Fonte: Autor (2023)

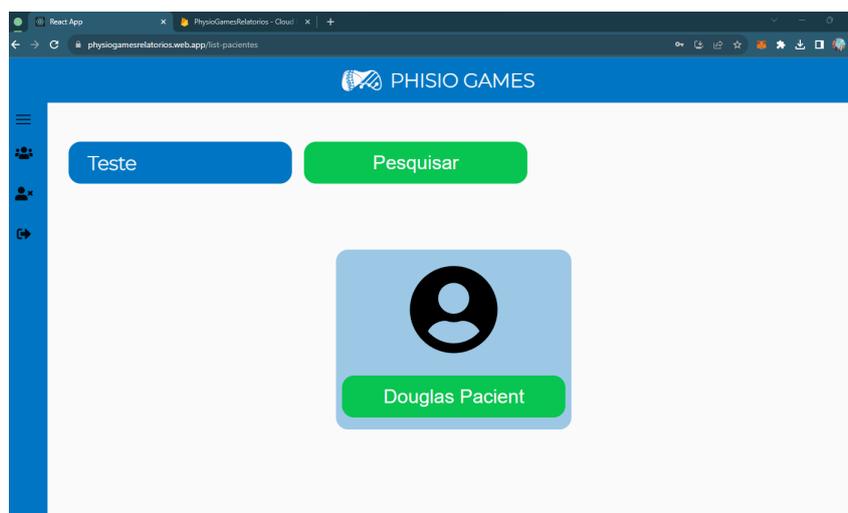
Figura 31 – Tela de login do fisioterapeuta



Fonte: Autor (2023)

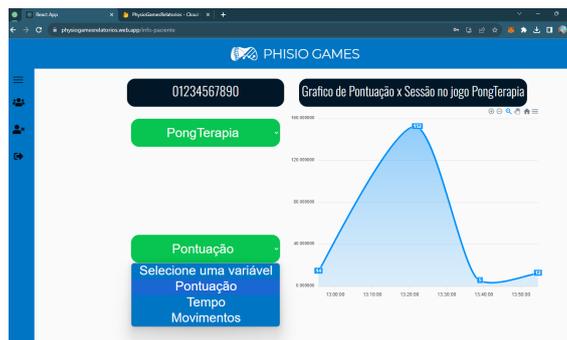
Autenticado no sistema o fisioterapeuta pode então visualizar todos os pacientes cadastrados, como é ilustrado na figura 32, ao selecionar um desses pacientes, o sistema é redirecionado para a tela de informações do paciente ilustrado na figura 33, onde o fisioterapeuta pode selecionar um jogo e uma variável para verificar o desempenho do decorrer das partidas salvas. O fisioterapeuta possui ainda a opção de remover um desses pacientes, como é possível observar na figura 34. Por fim, uma funcionalidade que está presente na tela de login de qualquer usuário, a opção de recuperar senha é ilustrada na figura 35.

Figura 32 – Tela de listar todos os pacientes



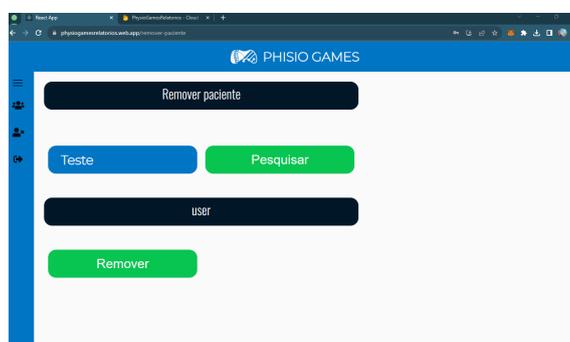
Fonte: Autor (2023)

Figura 33 – Tela de informação de sessões do paciente



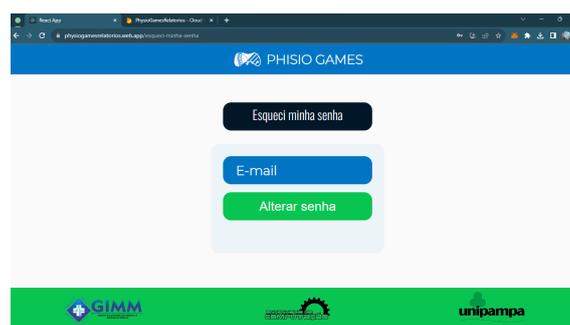
Fonte: Autor (2023)

Figura 34 – Tela de remover paciente



Fonte: Autor (2023)

Figura 35 – Tela de recuperação de senha



Fonte: Autor (2023)

4.2.4 Modelagem do Banco de dados

O banco de dados no Firestore foi estruturado de maneira hierárquica e organizada para atender às necessidades específicas do sistema Physio Games. O *design* do banco de dados reflete a relação entre instituições, fisioterapeutas, pacientes e suas respectivas interações com jogos e sessões. A estrutura é delineada no diagrama presente na figura

36 e funciona da seguinte forma:

- **Coleção Principal de Instituições:**

- Contém vários documentos de instituição, cada um representando uma entidade única.

- **Coleção de Fisioterapeutas:**

- Cada instituição possui uma coleção de fisioterapeutas. Cada fisioterapeuta cadastrado tem acesso a todos os pacientes associados à instituição.

- **Coleção de Pacientes:**

- Cada instituição também possui uma coleção de pacientes. Cada paciente é vinculado a uma instituição específica e pode ser acessado pelos fisioterapeutas associados.

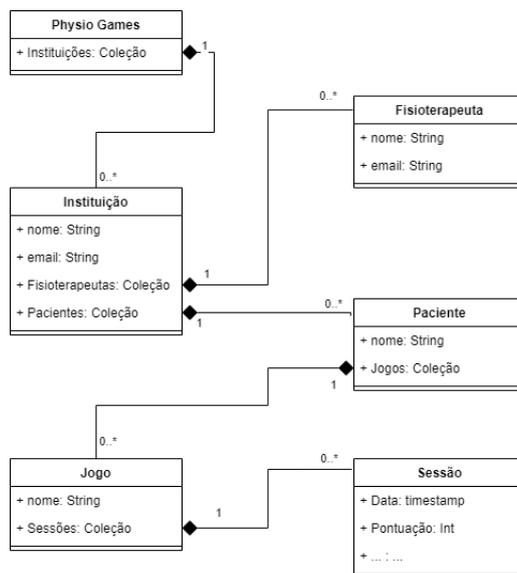
- **Coleção de Jogos:**

- Cada paciente tem uma coleção de jogos associados às atividades de reabilitação. Esta coleção permite armazenar dados específicos de cada jogo.

- **Coleção de Sessões:**

- Dentro de cada jogo, há uma coleção de sessões, representando as diferentes instâncias de interação do paciente. Cada sessão contém documentos finais que armazenam os dados específicos daquela sessão em particular.

Figura 36 – Estrutura do banco de dados



4.2.5 O jogo: SpaceTerapia

O SpaceTerapia, desenvolvido na Godot, é um jogo inspirado no clássico Asteroids de 1979. Este jogo foi projetado para proporcionar uma experiência envolvente e ao mesmo tempo terapêutica aos pacientes durante suas sessões de reabilitação fisioterapêutica. O SpaceTerapia propõe uma abordagem terapêutica ao desafiar os pacientes a desviarem habilmente dos asteroides enquanto acertam tiros para pontuar. Este jogo visa aprimorar a força no músculo do membro amputado, o equilíbrio, percepção espacial e tomada de decisões, pois o jogo demanda escolher o momento certo de entrar na frente de um asteroide. A figura 37 ilustra uma partida de SpaceTerapia.

Figura 37 – Cena de uma partida de SpaceTerapia



Fonte: Autor (2023)

O SpaceTerapia não apenas oferece uma experiência envolvente, mas também incorpora um sistema de armazenamento de dados, capturando informações para a análise do desempenho do paciente. Cada sessão de jogo registra detalhes incluindo pontuação alcançada, tempo de partida e a quantidade de movimentos realizados, que posteriormente pode ser visualizada no *web-app*.

É relevante destacar que o SpaceTerapia passou por uma evolução. Anteriormente, o jogo era desenvolvido na Unity, e embora tenha oferecido uma experiência valiosa, a versatilidade desejada foi alcançada com a mudança para a Godot. Na versão anterior do SpaceTerapia, desenvolvida na Unity, uma abordagem semelhante com resultados positivos, uma ilustração está presente na figura 38. No entanto, devido a restrições de compatibilidade com o sistema Linux, a Unity não ofereceu suporte para compilar o jogo. Isso levou à decisão crucial de migrar para a Godot, uma plataforma que proporcionou a flexibilidade necessária para atender às demandas do sistema Physio Games, permitindo a compilação para o ambiente Linux.

Embora a proposta do jogo seja a mesma, o SpaceTerapia teve de ser completamente refeito, pois não há como importar um projeto Unity diretamente para Godot. Por essa razão, o projeto sofreu alterações visuais, passando para um aspecto mais retrô.

Figura 38 – Fase desenvolvida na Unity

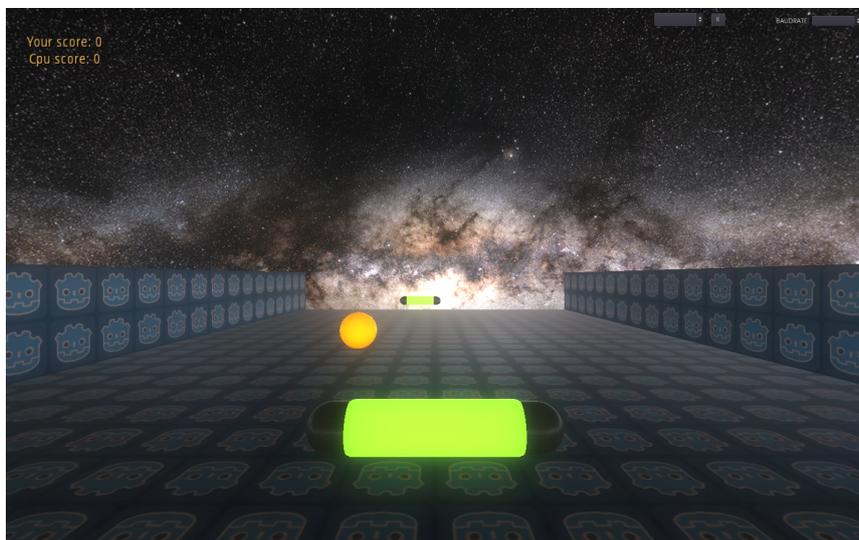


Fonte: Autor (2023)

4.2.6 Adição do primeiro jogo: PongTerapia

Durante o desenvolvimento do sistema Physio Games foi executada a integração bem-sucedida do PongTerapia, marcando o primeiro jogo externo a ser incorporado ao sistema. Este marco valida a capacidade do sistema de ser uma plataforma flexível e de fácil integração para uma variedade de jogos terapêuticos. O Ping-pong (AdilsonThiago, 2022) foi descoberto em um repositório aberto no GitHub, destacando a riqueza e diversidade da comunidade de desenvolvedores. Ao encontrar este jogo, foi reconhecido um potencial terapêutico por ser de fácil compreensão e conter efeitos sonoros. Com isso, foi decidido adaptá-lo para ser compatível com o sistema Physio Games. Seguindo o guia de integração presente no apêndice B, foi realizado uma adaptação para se tornar o PongTerapia e garantir sua harmonização com o ambiente do Physio Games. Este processo envolveu ajustes técnicos para garantir o funcionamento com o controle feito pelo NodeMCU ESP32. Na figura 39 é possível observar uma partida já dentro do sistema Physio Games.

Figura 39 – Cena de uma partida de PongTerapia



Fonte: Autor (2023)

5 PROPOTIPAÇÃO E TESTES

Durante a fase de "Prototipação e Testes", foram realizadas várias etapas para garantir a qualidade e a eficácia do sistema desenvolvido. Foram criados protótipos do *web-app* e do *software* de integração de jogos na *Godot*, permitindo uma visualização antecipada das funcionalidades e da interface do sistema. Essa abordagem de prototipação possibilitou a identificação de possíveis melhorias e ajustes necessários antes da implementação completa do sistema, como por exemplo o nível de clareza e quantidade de informação na tela, que dificultava a percepção dos elementos do jogo na primeira versão, como pode ser observado na figura 40.

Figura 40 – Versão voando no espaço



Fonte: Autor (2023)

Foram conduzidos testes de usabilidade com usuários hipotéticos para avaliar a experiência de uso do sistema. Esses testes proporcionaram percepções sobre a navegabilidade, a clareza das informações, e a facilidade de uso. Os resultados dos testes foram dados pelas respostas livres, onde não houve um questionário previamente definido e com isso foram realizados ajustes e refinamentos no *design* e na usabilidade do sistema, visando melhorar a experiência do usuário. Posteriormente, com o sistema funcional, foi efetuada uma apresentação para os fisioterapeutas da SRF, como pode ser observado no registro feito no dia, nas figuras 41 e 42, e posteriormente responderam o questionário presente na tabela 7 e com as respostas no apêndice D.

Figura 41 – Registro um da apresentação



Fonte: Autor (2023)

Figura 42 – Registro dois da apresentação



Fonte: Autor (2023)

5.1 Plano de teste

Inicialmente, foram realizados testes para validar a solução desenvolvida, abordando diferentes aspectos, desde a verificação do funcionamento da solução anterior até a coleta de dados do sensor e a comunicação entre os componentes de *hardware*. Além disso, foi avaliado o sistema em conjunto com o novo jogo e a nova arquitetura. A especificação e a elaboração completa dos experimentos podem ser encontradas no apêndice C, que descreve o plano de testes da solução.

Por meio desses testes, foi possível observar se o sistema reage conforme o esperado. Durante as experiências, um dos maiores desafios foi gerar um executável para ambos os sistemas operacionais, devido à plataforma de desenvolvimento *Unity* não oferecer mais suporte para o desenvolvimento em Linux. Isso dificultou a visualização dos *logs* e a resolução de erros no jogo compilado para Linux, e foi resolvido com a

migração do projeto para a Godot.

A migração para o Linux foi motivada pela possibilidade de executar o projeto completo utilizando apenas um o NodeMCU ESP32 com o módulo giroscópio, um monitor e um Raspberry Pi. O Raspberry Pi é um mini-computador de placa única multiplataforma, compacto e de baixo custo, que oferece suporte para a execução do sistema operacional Linux. Essa abordagem traz diversas vantagens, como a redução de custos, a portabilidade e a facilidade de uso. Essa abordagem nos permite criar uma solução mais acessível, prática e adaptável às necessidades dos profissionais de saúde e pacientes envolvidos no processo de reabilitação física. Porém, apesar do projeto ter sido migrado e compilado para sistema operacional Linux, um novo desafio surgiu.

Primeiramente o sistema funcionava utilizando comunicação via *bluetooth*, e apesar de executar na Raspberry Pi, não trouxe resultados satisfatórios quanto a suavidade e precisão no envio dos dados e interpretação pela Godot, o que tornava os jogos estressantes.

5.2 Experimentos com Fisioterapeutas

Para avaliar a facilidade de uso da solução, utilizou-se o Modelo de Aceitação de Tecnologia (do inglês *Technology Acceptance Model (TAM)*). O modelo TAM é amplamente utilizado na área acadêmica para avaliar a aceitação de novas tecnologias pelos usuários e é baseado em três variáveis de avaliação:

- Facilidade de Uso Percebida (FUP): É definida como o grau com que uma pessoa acredita que o sistema será fácil de ser utilizado.
- Utilidade Percebida (UP): É definida como grau em que uma pessoa acredita que um sistema irá aumentar a sua performance em uma tarefa.
- Intenção Comportamental de Uso (IC): É o grau de intenção de utilizar o sistema.

A primeira variável do modelo TAM será medida por meio de seis perguntas, identificadas na tabela como [FUP1], [FUP2], [FUP3], [FUP4], [FUP5] e [FUP6]. A segunda variável será medida por meio de quatro perguntas, identificadas como [UP1], [UP2], [UP3] e [UP4]. Por fim, a terceira variável utilizada será mensurada por meio de cinco perguntas, identificadas na tabela como [IC1], [IC2], [IC3], [IC4] e [IC5].

Tabela 6 – Questões do TAM

Nº	Variável	Questão
1	[FUP1]	A ferramenta é de fácil uso?
2	[FUP2]	A ferramenta é autoexplicativa quanto a navegabilidade?
3	[FUP3]	A ferramenta é clara de ser compreendida?
4	[FUP4]	É fácil encontrar a informação que desejo no aplicativo?
5	[FUP5]	A ferramenta é intuitiva de modo que antes de clicar em algum botão eu sei a ação dele?
6	[FUP6]	Utilizar a ferramenta é agradável?
7	[UP2]	A ferramenta disponibiliza a visualização de relatórios ao final da sessão?
8	[UP3]	A ferramenta disponibiliza a visualização de gráficos na saída dos dados?
9	[UP4]	A ferramenta produz os resultados que espero?
10	[IC1]	Recomendo a utilização da ferramenta?
11	[IC2]	Estou motivado a utilizar a ferramenta?
12	[IC3]	Utilizar a ferramenta atendeu as minhas expectativas?
13	[IC4]	A ferramenta é apropriada para estudo do desenvolvimento do paciente?
14	[IC5]	A ferramenta é apropriada para realização da sessão de fisioterapia?
15	[-]	Você tem alguma sugestão? Se sim, qual?

Fonte: Autor (2023)

Dessa forma, com base no modelo TAM e no modelo sugerido por Cavalcanti, foram efetuadas vinte e nove perguntas, listadas na tabela 7 para os profissionais que utilizaram o Physio Games. As respostas foram mensuradas em uma Escala de *Likert* de 5 pontos, onde, 1 refere-se a "Discordo totalmente" e 5 a "Concordo totalmente". A tabela 6 ilustra as questões sugeridas no questionário TAM. Com isso, de forma a resumir o que está no apêndice D, foi constatado que o sistema cumpre seu objetivo de ser simples de utilizar, tendo em vista que os fisioterapeutas não tiveram problemas em entender o funcionamento do sistema, e encontraram todas as informações com facilidade, constatado pela resposta de concordo totalmente nas perguntas P1, P2, P3 e P5, porém, ainda sim, todos os fisioterapeutas responderam que precisariam de um suporte técnico para começar a usar o sistema. Além disso, os jogos se mostraram interessantes para as sessões de fisioterapia, como pode ser constatado pelas respostas dadas nas perguntas P10, P12 e P13. Porém este ponto não pode ser comprovado pois não houve disponibilidade de pacientes para a realização de testes.

Tabela 7 – Questões utilizadas para a validação do sistema Physio Games

Nº	Questão
P1	A ferramenta completa é de fácil uso
P2	A ferramenta é auto explicativa quanto a navegabilidade
P3	É fácil encontrar a informação que desejo no sistema
P4	Eu acho que eu precisaria de suporte técnico para ser capaz de usar esse sistema. (Página web)
P5	A ferramenta é intuitiva de modo que antes de clicar em algum botão eu sei a ação dele
P6	A ferramenta produz os resultados que espero
P7	Recomendo a utilização da ferramenta
P8	Estou interessado em utilizar a ferramenta
P9	A ferramenta é apropriada para estudo do desenvolvimento do paciente
P10	A ferramenta é apropriada para realização da sessão de fisioterapia
P11	Eu acho que eu precisaria de suporte técnico para ser capaz de usar esse sistema. (Aplicativo com os jogos)
P12	Sobre o jogo SpaceTerapia: Eu acho que eu gostaria de usar esse jogo frequentemente.
P13	Sobre o jogo PongTerapia: Eu acho que eu gostaria de usar esse jogo frequentemente.
P14	Eu acho os jogos desnecessariamente complexo.
P15	Eu achei o jogo desnecessariamente fácil.
P16	Eu imagino que a maioria das pessoas aprenderia a usar esses jogos rapidamente
P17	Eu precisei aprender várias coisas antes que eu pudesse usar o sistema adequadamente.
P18	Os sons me estimularam a continuar jogando.
P19	A quantidade de sons no jogo me irritou.
P20	Os sons me ajudaram a realizar o movimento corretamente.
P21	Não entendi a frequência com que a ilustração aparecia.
P22	Haviam ilustrações que me ajudaram a perceber quando eu estava errando.
P23	Não consegui entender a mensagem que algumas ilustrações queriam passar

Continua na próxima página

Tabela 7 – Continuação da página anterior

Nº	Questão
P24	O local onde algumas imagens aparecem não favorece sua visualização.
P25	O tempo de exibição da imagem foi suficiente para compreendê-la.
P26	Consegui ler claramente as mensagens de texto que o sistema exibia.
P27	A linguagem e termos utilizados pelo sistema eram de difícil compreensão.
P28	O local onde o texto apareceu não favoreceu sua visualização.
P29	O texto apresentava bom tamanho e cor para sua leitura.

Fonte: Autor (2023)

5.3 Resultados

Os resultados obtidos no desenvolvimento e implementação do sistema Physio Games refletiram uma avaliação positiva por parte dos fisioterapeutas. A avaliação positiva do sistema pelos fisioterapeutas evidencia seu potencial para ser uma ferramenta terapêutica envolvente. A adição bem-sucedida do PongTerapia, juntamente com a documentação detalhada sobre como integrar novos jogos, destaca a flexibilidade e a facilidade de expansão do sistema, proporcionando uma base para futuras colaborações.

O desempenho do *web-app*, alimentado pelo Firestore, se destaca na visualização dos dados dos pacientes e no acompanhamento do progresso terapêutico. No entanto, alguns desafios foram enfrentados ao longo do processo. Problemas com a comunicação Bluetooth levaram ao retorno do uso de cabo USB, afetando a mobilidade do sistema. A transição para a Raspberry Pi trouxe a necessidade de uma rápida adaptação para o uso de USB, um aspecto que precisa ser abordado em futuras atualizações.

Um ponto de atenção crítico é a falta de experimentos com pacientes reais até o momento. Embora o *feedback* positivo dos fisioterapeutas, a validação completa da eficácia terapêutica do sistema só será alcançada por meio de experimentos com pacientes reais.

6 CONCLUSÕES

Ao concluir este projeto, é possível realizar uma avaliação abrangente dos objetivos estabelecidos e identificar áreas para aprimoramento contínuo. O desenvolvimento de uma estrutura modular foi atingido com sucesso no sistema Physio Games, evidenciando sua flexibilidade ao incorporar novos jogos. A arquitetura modular se mostrou essencial para a expansão contínua e integração de diferentes movimentações terapêuticas.

A análise dos requisitos específicos de jogos terapêuticos, apoiada por uma revisão dos trabalhos correlatos e seguindo o *checklist* proposto por Pillon, colaborou para o desenvolvimento de sistema, onde foram cumpridos 51% dos objetivos e podem ser observados no apêndice E. Houve a adição da documentação para adição de jogos no projeto, e as melhorias na arquitetura foram significativas, reduzindo a escala, componentes, custo e o sistema agora é mais flexível para a adição de novos jogos.

O desenvolvimento do ambiente integrado e do protótipo funcional foi concluído com sucesso. O sistema não apenas suporta o protótipo de jogo inicial, mas também demonstra a capacidade de expansão com diferentes jogos e movimentações. O protótipo funcional é uma evidência tangível desses avanços. O *Web-App* foi construído e testado com fisioterapeutas, permitindo a avaliação do desempenho do paciente nas sessões. Contudo, a validação completa, envolvendo pacientes reais, permanece uma área a ser explorada para garantir uma avaliação abrangente da eficácia terapêutica.

A extração de informações relevantes sobre a eficácia do sistema na reabilitação, juntamente com discussões reflexivas com profissionais de fisioterapia, foi iniciada. As respostas obtidas apontam para oportunidades de melhoria nos jogos, incluindo a adição de outros efeitos sonoros e um sistema de dificuldades mais adaptável.

Em resumo, os objetivos foram majoritariamente cumpridos, evidenciando o sucesso na criação de um sistema terapêutico. Contudo, ainda há o que aprimorar, com a identificação de oportunidades para refinamentos nos aspectos interativos dos jogos e a necessidade de experimentos mais abrangentes com pacientes reais para validar plenamente a proposta do Physio Games como uma ferramenta eficaz na fisioterapia. A base para aperfeiçoar e otimizar o sistema está concluída para futuras iterações e avanços na reabilitação fisioterapêutica.

REFERÊNCIAS

- AdilsonThiago. **Ping-Pong**. 2022. <<https://github.com/AdilsonThiago/Ping-Pong>>.
- Babich, N. **Prototyping 101: The difference between low-fidelity and high-fidelity prototypes and when to use each**. 2017. Disponível em: <<https://blog.adobe.com/en/publish/2017/11/29/prototyping-difference-low-fidelity-high-fidelity-prototypes-use>>
- Baiocchi, J. M. T. **O QUE É FISIOTERAPIA**. 2023. Disponível em: <<https://www.oncofisio.com.br/o-que-e-fisioterapia/>>
- Belfort, R. E. de A. U. et al. Development of serious games for neurological rehabilitation of patients. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 16, p. e25111637437, Nov. 2022. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/37437>.
- Boccolini, F. **Reabilitação: amputados, amputações e próteses**. São Paulo: Robe Livraria e Editora, 2001.
- Burgada, B. B. **‘Estado de flow’: el estado mental de máxima motivación, ¿cómo puedes alcanzarlo?** 2022. Disponível em: <<https://www.lavanguardia.com/vivo/psicologia/20220331/8165590/flow-mental-maxima-motivacion-psicologia-nbs.html/>>
- Camburn, B. et al. Design prototyping methods: state of the art in strategies, techniques, and guidelines. **Design Science**, Cambridge University Press, v. 3, p. e13, 2017.
- Carci. **Como lidar com um paciente desmotivado na fisioterapia**. 2023. Disponível em: <<https://blog.carcioficial.com.br/paciente-desmotivado-na-fisioterapia/>>
- Carolina, A. **O que significa informática médica e qual sua importância?** 2023. Disponível em: <<https://blog.iclinic.com.br/informatica-medica/>>
- Cavalcanti, V. C. **PROPOSTA DE AVALIAÇÃO DE USABILIDADE PARA SISTEMAS INTERATIVOS DE REALIDADE AUMENTADA NA PRÁTICA DE REABILITAÇÃO MOTORA**. 147 p. Monografia (Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação) — Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2019.
- Diretoria de Saúde do Trabalhador. **Manual sobre Prescrição de Órteses, Próteses Ortopédicas não Implantáveis e Meios Auxiliares de Locomoção**. Brasília, 2017. Disponível em <<https://extra268.files.wordpress.com/2017/10/rs611presinssmanual1.pdf>>. Visitado em Maio, 2023.
- Duarte, B. M. A. et al. Avaliação do equilíbrio estático em indivíduos amputados de membros inferiores através da biofotogrametria computadorizada. **Revista Brasileira de Fisioterapia**, v. 10, n. 1, 2006.
- Falcao, C.; Soares, M. A prototipagem virtual e a avaliação do design de produtos: Estudo comparativo entre protótipos. **Revista Geometria Gráfica**, v. 4, p. 21, 10 2020.
- Fernandes, F. G.; Cardoso, A.; Lopes, R. d. A. O uso do dispositivo vestível myo em jogos para reabilitação de crianças com deficiência física nos membros superiores. **Revista Brasileira de Inovação Tecnológica em Saúde - ISSN:2236-1103**, v. 7, n. 4, abr. 2018. Disponível em: <<https://periodicos.ufrn.br/reb/article/view/12310/>>

Ferreira, G. G.; Ferreira, L. A. de S.; Calazans, M. C. L. R. Identificação das causas de amputação de membros nas estratégias de saúde da família do município de Santa Fé do Sul-SP. **UNIFUNEC CIÊNCIAS DA SAÚDE E BIOLÓGICAS**, v. 1, n. 1, p. 65–71, 2017.

Gonzaga, K. de A. et al. Uso de tecnologias vestíveis na assistência domiciliar de idosos: Uma revisão integrativa. **Congresso Nacional de Envelhecimento Humano**, p. 11, 2018.

Grupo Informatica Médica. **Informática Médica virtualiza as suas aplicações para profissionais de saúde**. 2023. Disponível em: <<https://www.claranet.pt/case-studies/informatica-medica-virtualiza-as-suas-aplicacoes-para-profissionais-de-saude/>>

Kapandji, A. I. **FISIOLOGIA ARTICULAR**. 5. ed. 27, Rue de l'École de Médecine. 75006 Paris: Medicina Panamericana Editora do Brasil LIDA., 2000. 12-292 p. ISBN 85-303-0043-2.

Kimura, C. A. **Gameterapia: uma proposta multiprofissional em terapia virtual na saúde**. 1º. ed. [S.l.]: SENA AIRES, 2021. 277 p. ISBN 978-65-88026-06-9.

Lambert, C. **Conheça as diferenças entre Reabilitação e Fisioterapia**. 2023. Disponível em: <<https://clinicalambert.pt/2023/01/30/fisioterapia-e-reabilitacao/>>

Lisboa, C. F. **Reabilitação Física Fisioterapia**. 2017. Disponível em: <<https://www.fisioterapia-lisboa.com/fisioterapia/relacionados/reabilitacao-fisica-fisioterapia/>>

Macedo, G. M. A. **Comparação de duas diferentes tecnologias de prototipagem rápida na concepção de novos produtos: estereolitografia e modelagem por deposição de material fundido (FDM) – um estudo de caso**. 66 p. Monografia (Graduação em Engenharia de Produção) — Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2010.

Marieb, E. N.; Wilhelm, P. B.; Mallatt, J. **Anatomia Humana**. 7. ed. Rua Nelson Francisco, 26 CEP 02712-100 – São Paulo – SP – Brasil: Pearson Education do Brasil, 2014. 196-212 p. ISBN 978-85-4301-496-8.

Marques, A. et al. **Modelagem de interação e navegação de sistemas interativos: Protocolo de um mapeamento sistemático da literatura**. [S.l.], 2015.

Matos, N. M. de. **O SIGNIFICADO DO LÚDICO PARA OS IDOSOS**. 169 p. Dissertação (Mestrado) — Universidade Católica de Brasília, Brasília, 2006.

Medicalway. **Qual é a importância da tecnologia na fisioterapia?** 2022. Disponível em: <<https://medicalway.com.br/blog/confira-os-principais-avancos-da-tecnologia-na-fisioterapia/>>

Melo, M. F. L. P. d. et al. Protocolo de reabilitação fisioterapêutica em amputados de membro inferior: uma revisão integrativa da literatura. 2020.

Melo, R. et al. Metodologias para a criação de jogos educacionais: um mapeamento sistemático da literatura. In: SBC. **Anais do XXXI Simpósio Brasileiro de Informática na Educação**. [S.l.], 2020. p. 572–581.

Moura, M. Â. B. Proposta de uma plataforma ludificada para a reabilitação e condicionamento físicos. 2021.

Neuromovimento Centro de Fisioterapia. **‘REALIDADE VIRTUAL NA FISIOTERAPIA**. 2021. Disponível em: <<https://neuromovimento.com.br/realidade-virtual/>>

Nzongo, F. **Hackeando a prototipagem**. 2019. Disponível em: <<https://brasil.uxdesign.cc/hackeando-a-prototipagem-29b8abab5f01/>>

Oeiras, S. de S. F. **REABILITAÇÃO FÍSICA**. 2023. Disponível em: <<https://www.fisioterapiaoeiras.com/servicos/fisioterapia/reabilitacao-fisica/>>

Paiva, B. T. et al. Mfid: uma solução computacional para a identificação da fadiga muscular durante a reabilitação física de indivíduos amputados. **Anais do Computer on the Beach**, v. 11, n. 1, p. 337–344, 2020.

Pastre, C. M. et al. Fisioterapia e amputação transtibial. **Arq Ciênc Saúde**, v. 12, n. 2, p. 120–4, 2005.

Peres, S. C.; Pham, T.; Phillips, R. Validation of the system usability scale (sus) sus in the wild. In: SAGE PUBLICATIONS SAGE CA: LOS ANGELES, CA. **Proceedings of the human factors and ergonomics society annual meeting**. [S.l.], 2013. v. 57, n. 1, p. 192–196.

Pillon, C. B. **REQUISITOS PARA O DESENVOLVIMENTO DE JOGOS DIGITAIS UTILIZANDO A INTERFACE NATURAL A PARTIR DA PERSPECTIVA DOS USUÁRIOS IDOSOS CAIDORES**. 227 p. Dissertação (Dissertação de mestrado) — Universidade Federal do Rio grande do Sul, Porto Alegre, 2015.

Pillon, C. B.; SILVA, R. P. da. Proposição de um checklist para auxiliar no desenvolvimento e avaliação de jogos digitais em realidade virtual para a reabilitação virtual de idosos. **Design e Tecnologia**, v. 12, n. 24, p. 84–98, 2022.

Pinheiro, A. N. L. **PROPOSTA DE SOLUÇÃO NO APOIO DE SESSÕES DE FISIOTERAPIA PARA AMPUTADOS BASEADA EM GAMIFICAÇÃO**. 145 p. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso(Graduação)) — Universidade Federal do Pampa, Bagé, 2021.

Silva, E. L. da; Menezes, E. M. **Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação**. 4. ed. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, 2005. 20-23 p.

Tech, S. **Quais são as vantagens da prototipagem?** 2023. Disponível em: <<https://smartcon.dev.br/blog/prototipagem-vantagens/>>

Theis, M. R. et al. A importância da prototipagem no processo de design e suas relações como mídia do conhecimento. 2021.

Unit. **Fisioterapia: o que é e como funciona**. 2023. Disponível em: <<https://www.unit.br/blog/fisioterapia-como-funciona/>>

UNIVAZ. **Prototipagem**. 2023. Disponível em: <<http://metodologiasclassicas.blogspot.com/p/modelo-de-prototipagem-evolucionaria.html/>>

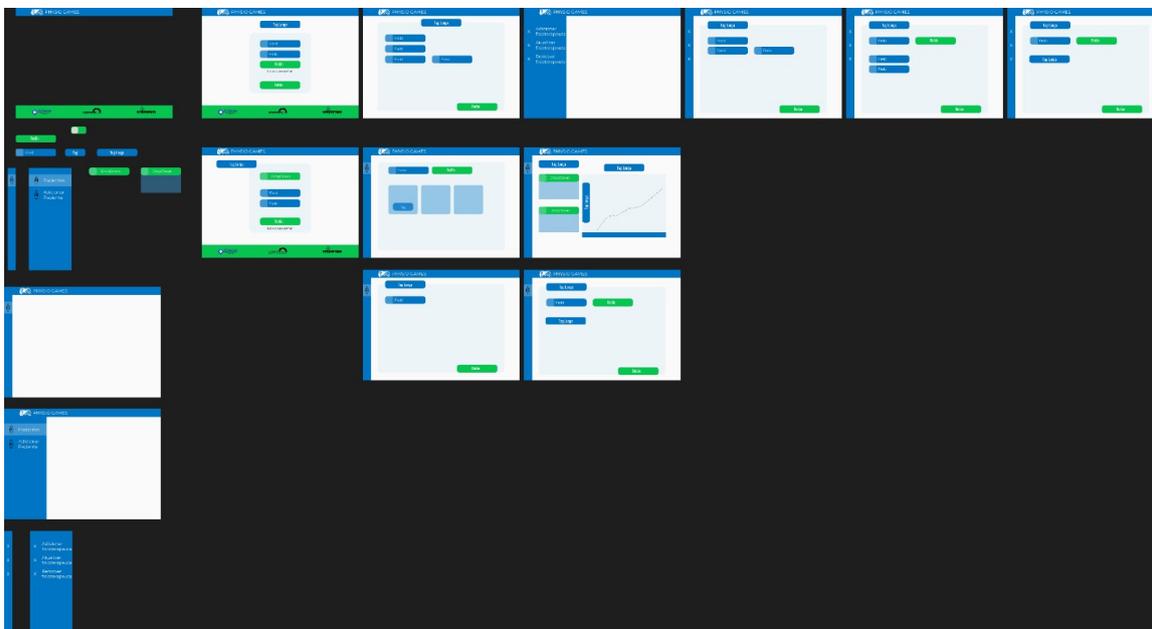
Universidade do Porto. **Mestrado em Informática Médica**. 2022. Disponível em: <https://sigarra.up.pt/fcup/pt/cur_geral.cur_view?pv_ano_lectivo=2022&pv_curso_id=1118>

Uyesaka, A. **Fisioterapia: entenda o que é e para que serve!** 2020. Disponível em: <<https://blog.vitta.com.br/2019/12/12/fisioterapia-entenda-o-que-e-e-para-que-serve/>>

APÊNDICE A – DESIGN DE TELAS

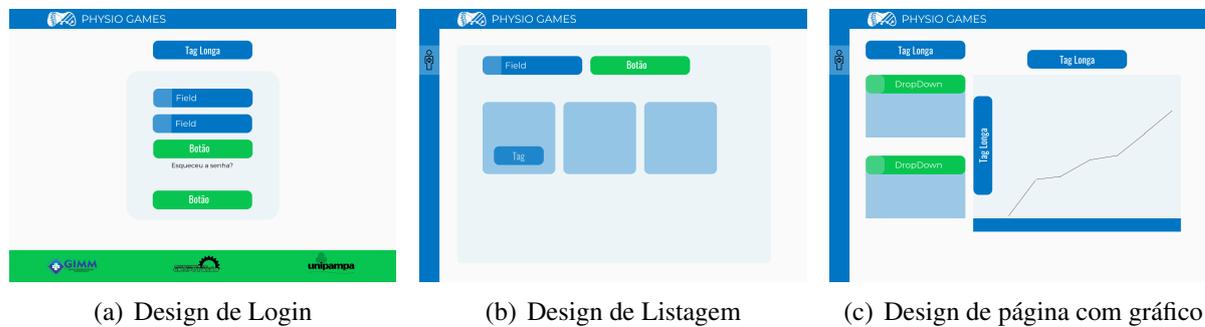
Para o desenvolvimento do *web-app* foi primeiramente proposto um *design*, prototipado na ferramenta Figma. O documento gerado pelo figma pode ser observado na figura 43, ou pela Página de prototipagem. Com o propósito de resumir os designs e melhorar a visualização, é possível observar três das telas de base, usadas para login, na figura 45(a), de listagem de usuário na figura 45(b) e de exibição de gráfico na figura 45(c).

Figura 43 – Design de telas



Fonte: Autor 2023

Figura 44 – Designs de tela base



(a) Design de Login

(b) Design de Listagem

(c) Design de página com gráfico

Fonte: Autor 2023

APÊNDICE B – GUIA DE ADIÇÃO DE JOGO

Guia para adição de jogo

Integrador de jogos do

Physio Games

Ficha técnica

Equipe Responsável pelo Projeto

Douglas Aquino T. Mendes
Julio Saraçol Domingues Júnior

(Acad. de Eng. de Computação / UNIPAMPA – Bagé)
Orientador (Docente / UNIPAMPA – Bagé)

Introdução

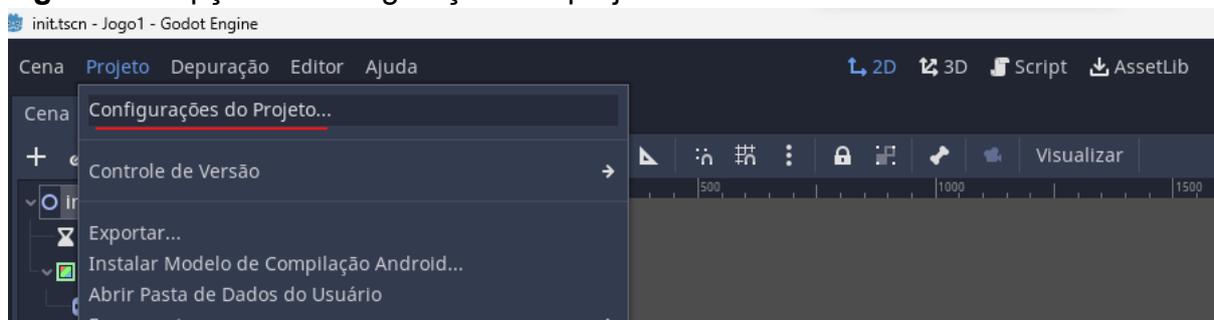
Este guia fornece um passo a passo detalhado sobre como adicionar um novo jogo ao sistema Physio Games. Adicionar novos jogos ao ambiente de simulação é uma tarefa essencial para ampliar as opções terapêuticas disponíveis e proporcionar uma experiência mais abrangente aos pacientes. Siga as instruções abaixo para garantir uma integração suave e eficaz do seu novo jogo ao sistema.

Requisitos prévios

Antes de iniciar o processo de adição de um novo jogo, certifique-se de ter acesso ao ambiente de desenvolvimento da Godot e aos recursos necessários. Certifique-se de possuir as credenciais adequadas e que o ambiente de simulação esteja configurado corretamente.

1. Adquirir o ambiente Godot: <https://godotengine.org/>
2. Adquirir o projeto: https://github.com/SrAquino/Physio_Games
 - a. Caso tenha interesse em ser um colaborador, envie uma solicitação para douglasaquino@gmail.com
3. Abra o projeto pela Godot e confira se as variáveis de ambiente foram exportadas corretamente:
 - a. Vá em Projeto -> Configurações do projeto, como ilustrado na figura 1:

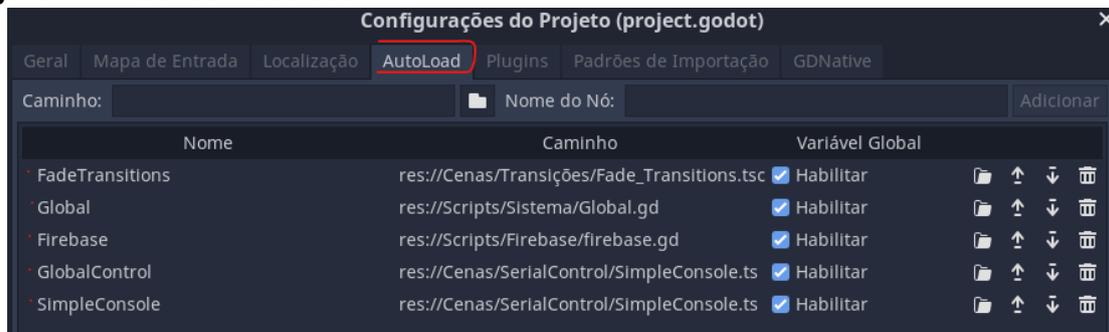
Figura 1 – Opção de configurações do projeto



- b. Na tela que abrir, vá em Autoload e confira se todos esses arquivos estão presentes, como ilustrado na figura 2:

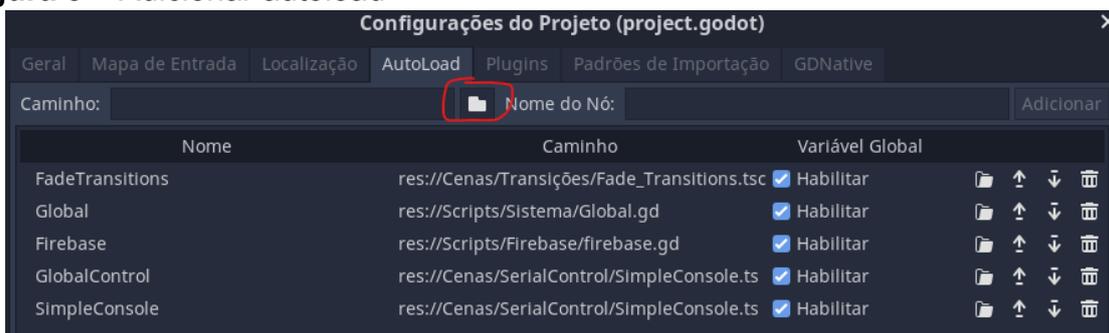
- i. FadeTransitions: É o arquivo que faz as animações para transição de cada cena. Sem ele o sistema não consegue mudar de cena.
- ii. Global: É o arquivo que salva as informações de seleção de fisioterapeuta, paciente, jogo e os resultados dos jogos, para no final da partida enviar tudo para o Firestore.
- iii. Firebase: É o arquivo que configura a comunicação com o firebase, tanto em autenticação quanto no banco de dados.
- iv. GlobalControl: É a cena que traduz as informações do ESP para controlar os jogos e é exibida para fazer a seleção da porta certa.
- v. SimpleConsole: É a cena que recebe os dados do ESP, funciona como um Console, e pode ser usado para fazer testes de comunicação com o ESP.

Figura 2 – Tela de Autoload



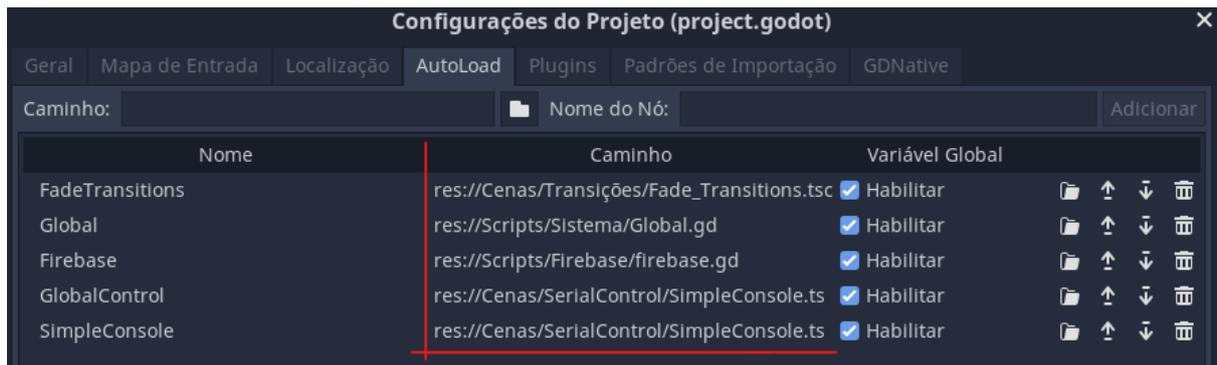
Caso alguma dessas variáveis não esteja presente, é possível adicioná-la clicando no símbolo de arquivo, como mostra a figura 3, e indo até o arquivo:

Figura 3 – Adicionar autoload



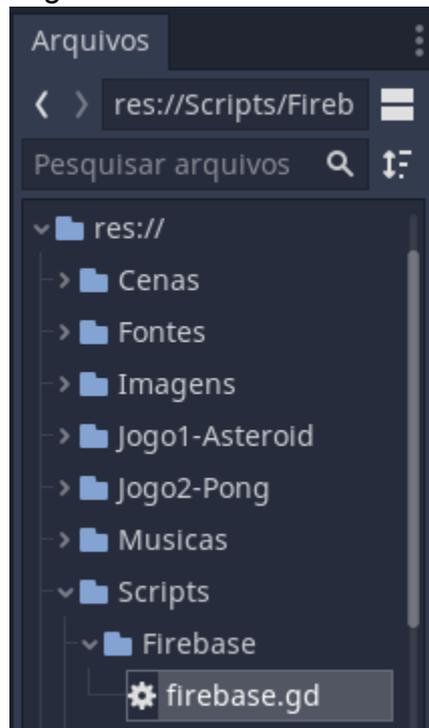
Todos os respectivos caminhos podem ser visualizados na figura 4:

Figura 4 – Paths dos arquivos necessários



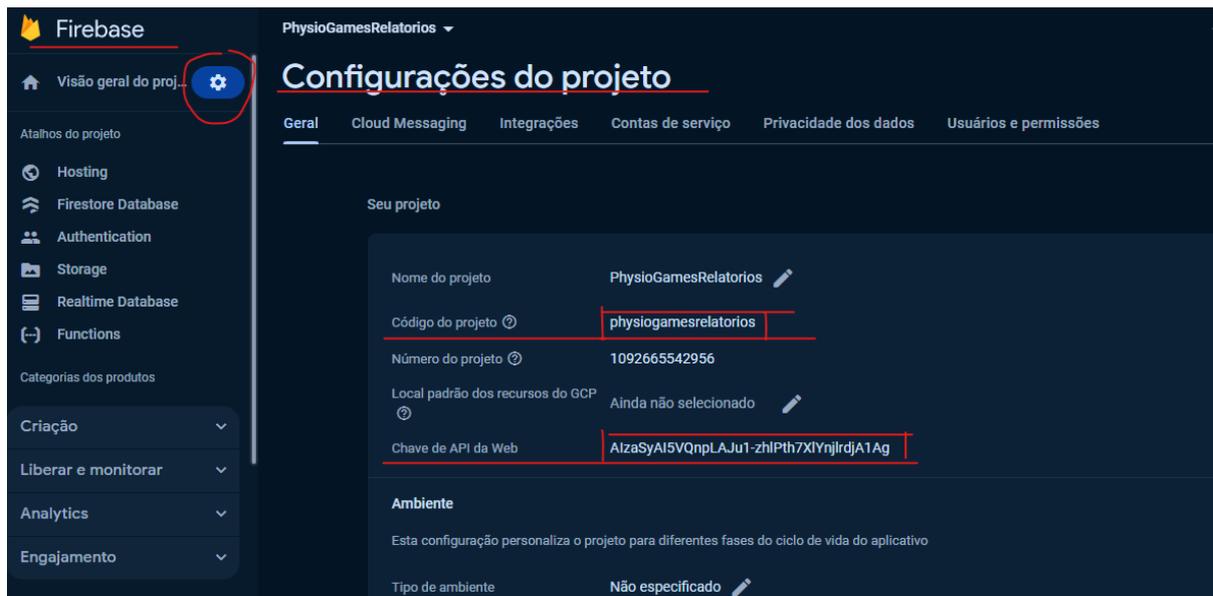
4. Agora é preciso configurar a variável de ambiente do Firebase para interagir com o seu banco de dados.
 - a. Navegando pelos arquivos na lateral, vá em `res://Scripts/Firebase/firebase.gd`, como ilustrado na figura 5.

Figura 5 – Path do arquivo firebase.gd



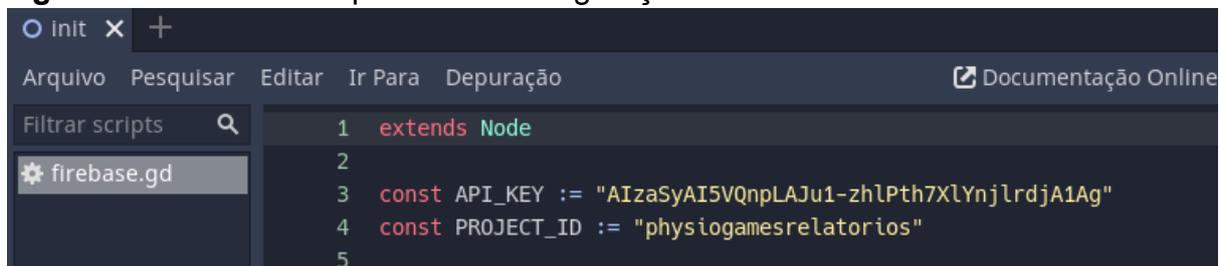
- b. Nesse arquivo você deve configurar as variáveis “API_KEY” e “PROJECT_ID”, com as informações do seu firebase. Os quais podem ser encontrados no console do firebase como é possível observar na figura 6:

Figura 6 – Console do Firebase



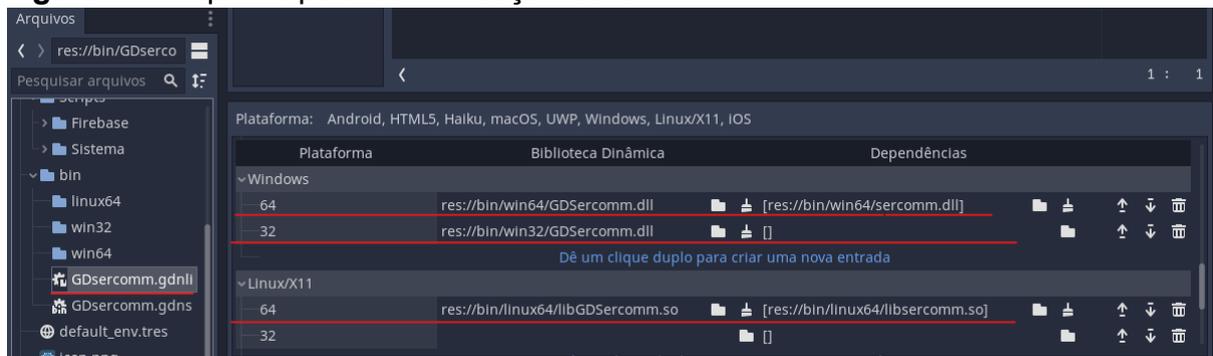
- i. Copie o Código do projeto e atribua a “PROJECT_ID” no arquivo firebase.gd
- ii. Copie a chave de API e atribua a “API_KEY”, agora você deve ter algo parecido com a figura 7.

Figura 7 – Resultado esperado na configuração do firebase.



5. Por fim, confira se todos os arquivos para comunicação serial foram encontrados corretamente, verificando o arquivo em `res://bin/GDsercomm.gdnlb`, como é ilustrado pela figura 8:

Figura 8 – Arquivos para comunicação serial



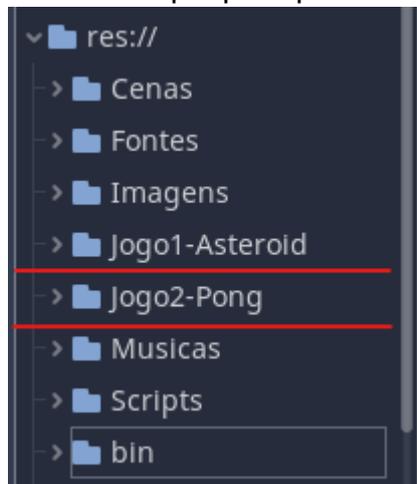
- a. Caso um dos arquivos esteja faltando, você deve adicioná-los clicando no símbolo de arquivo e selecionando o arquivo correspondente, assim como está ilustrado na imagem acima.
 - i. **[!]** Caso você vá adicionar um jogo para uma arquitetura diferente, deve ser adicionado o respectivo '.so' da arquitetura que deseja e configurar nesse arquivo GDsercomm.

Adicionar um Novo Jogo

A adição de um novo jogo ao sistema envolve várias etapas. Siga cuidadosamente cada passo para garantir a integração adequada do seu jogo à plataforma.

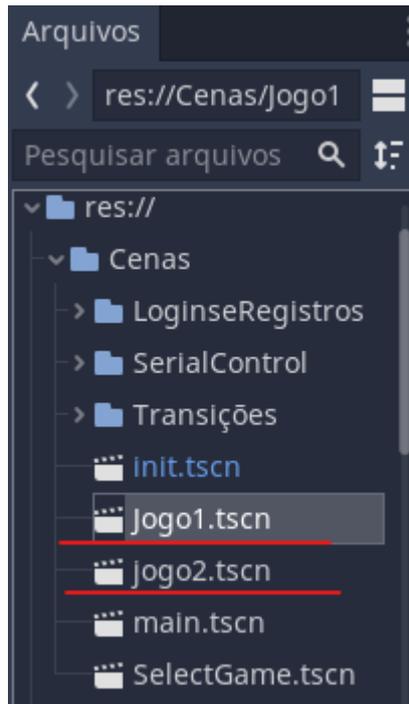
1. O jogo pode ser totalmente desenvolvido fora da aplicação, com o jogo pronto, você deve criar uma nova pasta com o nome do seu jogo, um exemplo é ilustrado na figura 9:

Figura 9 – Path de exemplo para pasta de um novo jogo.



- a. Adicione todos os arquivos da "ress://" do seu projeto para dentro da nova pasta.
 - b. Dentro desse arquivo, você pode estruturar seu jogo como quiser, mas é altamente recomendável que mantenha o padrão "Cenas", "Scripts" e "Sprites".
2. Agora você deve mover a cena de início do jogo, para a pasta de cenas principais do projeto, como é ilustrado no exemplo da figura 10:

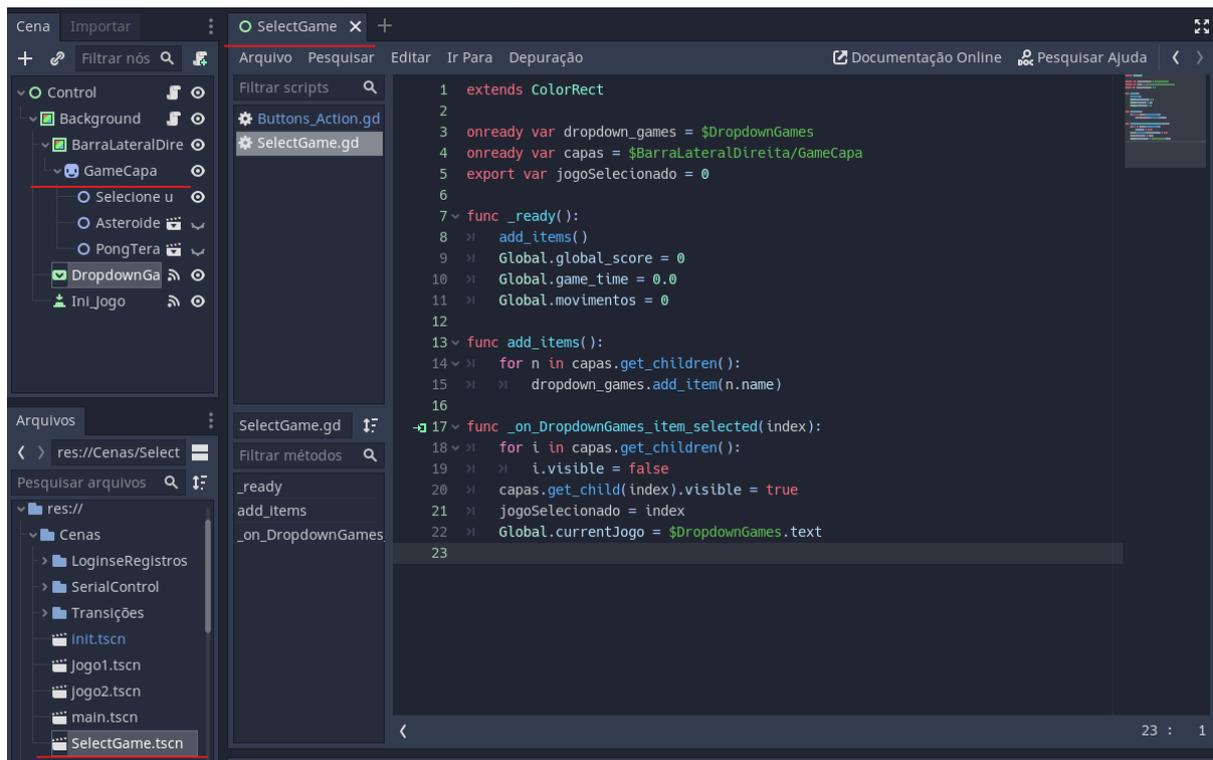
Figura 10 – Exemplo de para onde mover a cena de início do jogo.



É interessante que se mantenha o padrão de chamar de **jogo<número>** por facilitar entender qual jogo está sendo chamado pelo dropdown, já que ele retorna um index do jogo selecionado. Essa é a cena que é chamada quando se clica em “iniciar”, e logicamente deve ser atualizado os *path* dos arquivos que são chamados pela sua cena. **Obs.: Se o arquivo for movido de dentro da plataforma Godot, ela identifica os paths e atualiza automaticamente. Portanto é altamente recomendável que todo o processo de adição do jogo seja feito de dentro da Godot.**

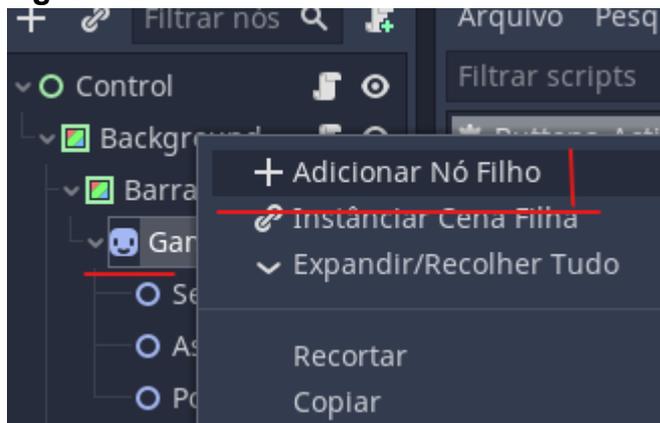
3. Agora para o jogo aparecer nos selecionáveis você deve criar uma capa para ele na cena SelectGame, como é exibido na figura 11:

Figura 11 – Onde adicionar uma capa.



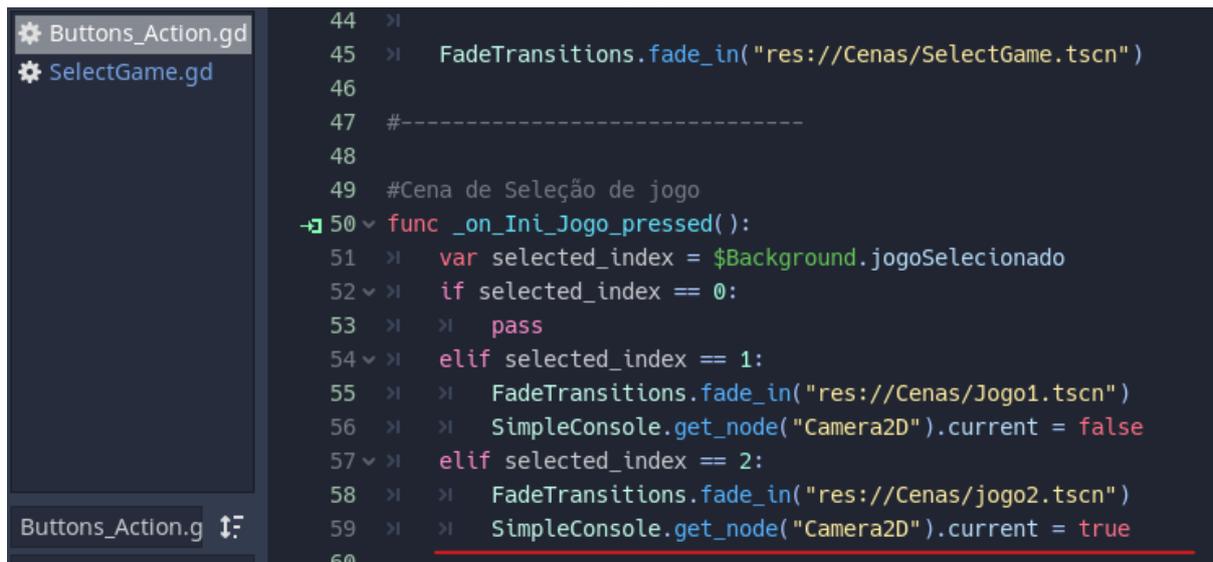
- a. É importante que a capa tenha o nome que você deseja que seja exibido no dropdown de seleção de jogos.
 - i. A capa pode ser uma imagem estática ou um nó 2D com alguma pequena animação.
 - ii. Há a possibilidade de a capa não ter nada, porém é indispensável que haja um elemento de capa, adicionando um nó filho no GameCapa, como exibido na figura 12, para que o jogo seja listado.
 - iii.

Figura 12 – Adicionando nó filho em GameCapa.



4. Por fim, dentro do arquivo Buttons_Actions.gd, deve ser adicionado a chamada de cena para o seu jogo, onde é apontado pela figura 13:

Figura 13 – Chamada de cena de início de jogo



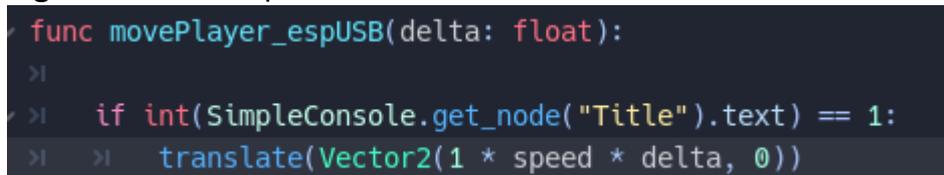
```
44 >|
45 >| FadeTransitions.fade_in("res://Cenas/SelectGame.tscn")
46
47 #-----
48
49 #Cena de Seleção de jogo
-> 50 func _on_Ini_Jogo_pressed():
51 >| var selected_index = $Background.jogoSelecionado
52 >| if selected_index == 0:
53 >| >| pass
54 >| elif selected_index == 1:
55 >| >| FadeTransitions.fade_in("res://Cenas/Jogo1.tscn")
56 >| >| SimpleConsole.get_node("Camera2D").current = false
57 >| elif selected_index == 2:
58 >| >| FadeTransitions.fade_in("res://Cenas/jogo2.tscn")
59 >| >| SimpleConsole.get_node("Camera2D").current = true
60
```

a. Deve ser adicionado abaixo o código:

- i. `elif selected_index == <número do jogo>`
`FadeTransitions.fade_in("res://Cena/jogo<número>.tscn")`
`SimpleConsole.get_node("Camera2D").current = true`

5. Com isso, o jogo já está adicionado ao sistema, e para ajustar os controles deve-se apenas chamar `SimpleConsole.get_node("Title").text`, é possível visualizar um exemplo na figura 14. Como `SimpleConsole` é uma variável global, ela funciona em qualquer script, o node Title de SimpleConsole recebe no text a informação que está vindo do ESP. Com isso, você pode alterar a informação que é enviada pelo ESP para controlar o seu jogo como quiser.

Figura 14 – Exemplo de como usar o controlador.



```
> func movePlayer_espUSB(delta: float):
> |
> >| if int(SimpleConsole.get_node("Title").text) == 1:
> >| >| translate(Vector2(1 * speed * delta, 0))
```

Nesse exemplo, sempre que o ESP retornar 1 para o sistema, o player se move.

Conclusão

Ao seguir estes passos cuidadosamente, você garantirá uma adição bem-sucedida do seu novo jogo ao sistema Physio Games. Certifique-se de realizar testes extensivos para garantir a integridade e a funcionalidade do novo jogo antes de disponibilizá-lo para os pacientes. Também é importante verificar o funcionamento dos demais jogos caso haja alteração no script do controle.

APÊNDICE C – DOCUMENTO DE TESTES: PHYSIO GAMES

Documento de Plano de Testes Physio Games

Versão - Novembro de 2023

1. Introdução

O objetivo deste documento é fornecer informações detalhadas para o controle dos testes relacionados a uma ação específica ou à solução como um todo. Ele descreve a abordagem utilizada nos testes realizados. Nesta documentação, são apresentados os testes realizados nos seguintes componentes desenvolvidos durante a primeira fase de desenvolvimento:

- Nó Sensor
 - NodeMCU ESP Wroom 32
 - Módulo giroscópio três eixos 6050
 - Bateria
- Software
 - Jogo
 - Integração entre GODOT e ESP
 - Página web
 - Painel para a instituição
 - Ferramenta para os Fisioterapeutas
- Banco de dados

2. Ferramentas

Para a realização dos planos de testes o jogo foi compilado para dois sistemas operacionais de um computador com processador AMD Ryzen 5 4600G com 16 GB de Memória RAM, com dual boot em Windows 11 e Ubuntu 22.04.

3. Estrutura do plano de testes

O plano de testes é elaborado considerando as seguintes definições:

- 1) O objetivo que espera alcançar com o teste
- 2) A explicação do caso de teste
- 3) O procedimento aplicado no teste
- 4) Resultado esperado
- 5) E, se houve um retorno válido

Os testes são numerados de acordo com a ordem cronológica em que foram realizados.

Nº do Teste	0
Testado por	Douglas Aquino
Data do Teste	20/01/2023
Objeto de Teste	Software desenvolvido no projeto anterior
Caso de Teste	Verificar a existência de erros e bugs na Ferramenta para os fisioterapeutas
Procedimento	Utilizar o sistema integralmente, navegando por todas as páginas e possibilidades de uso
Resultado esperado	Encontrar falhas que poderiam atrapalhar no uso do sistema
Falhas encontradas	Dropdown gerado na posição errada, problemas com a responsividade das cenas, botões que direcionam para cenas erras, possibilidade de cadastrar nomes vazios, botões liberados sem seleção da partida, não há como retornar para algumas cenas.
Validado	Sim

Nº do Teste	1
Testado por	Douglas Aquino
Data do Teste	25/01/2023
Objeto de Teste	Novo jogo
Caso de Teste	Integração, verificar se o jogo funciona corretamente juntamente ao sistema
Procedimento	Verificar as dependências do novo jogo, verificar se a clonagem de cenas não contém erros de uso de variáveis com mesmo nome, verificar se a nova cena direciona para o jogo certo, Testar usando o sistema
Resultado esperado	Poder jogar o novo jogo sem erros ou quebra do sistema
Validado	Sim

Nº do Teste	2
Testado por	Douglas Aquino
Data do Teste	30/01/2022
Objeto de Teste	Comunicação serial ESP e UNITY
Caso de Teste	Verificar se a porta de comunicação é aberta corretamente tanto no sistema operacional Windows como no Linux
Procedimento	Criar uma nova cena que trata a abertura da porta de comunicação serial, e executar a aplicação em ambos os sistemas operacionais
Resultado esperado	Comunicação estabelecida com sucesso em ambos os sistemas operacionais
Validado	Não
Problema encontrado	A porta para comunicação serial não foi aberta corretamente no sistema operacional Linux

Nº do Teste	3
Testado por	Douglas Aquino
Data do Teste	30/03/2023
Objeto de Teste	Responsividade das cenas da Ferramenta para os fisioterapeutas
Caso de Teste	Verificar se as cenas comportam todos os componentes necessários para a utilização do sistema em diferentes tamanhos de telas, usado para teste as mais comuns: 4:3, 16:9, 21:9
Procedimento	Executar o software com o diferentes resoluções de tela
Resultado esperado	Independente da resolução escolhida, todas os componentes devem continuar na área de visão e acessíveis
Validado	Sim

Nº do Teste	4
Testado por	Douglas Aquino
Data do Teste	31/03/2023
Objeto de Teste	Variáveis de Desempenho e Efetividade
Caso de Teste	Verificar se as variáveis retornavam um valor condizente com o resultado das partidas
Procedimento	Jogar algumas partidas e alcançar certa pontuação propositalmente
Resultado esperado	Desempenho e Efetividade conter uma melhor pontuação quando eu pontuar mais, não errar rebotes, e vencer partidas
Validado	Sim

Nº do Teste	5
Testado por	Douglas Aquino
Data do Teste	01/04/2023
Objeto de Teste	Movimentação dos players
Caso de Teste	Verificar se o novo modo de movimentar o player é mais eficiente
Procedimento	Jogar 3 partidas em cada modo (Tempo, Fácil, Médio e Difícil)
Resultado esperado	É possível jogar e sem se incomodar com travamentos, delays ou teletransporte na movimentação do player
Validado	Não
Problema encontrado	Apesar da nova forma de se mover ser mais suave e não conter teletransportes do player, conforme a partida se estende é possível notar um delay crescente na movimentação do player.

Nº do Teste	6
Testado por	Douglas Aquino
Data do Teste	04/04/2023
Objeto de Teste	Novo jogo
Caso de Teste	Verificar se a fase por tempo, dificulta de forma gradativa de acordo com a pontuação alcançada
Procedimento	Jogar 3 partidas tentando alcançar a maior pontuação
Resultado esperado	O jogo se tornar mais difícil de uma forma pouco perceptível enquanto jogo, mas ser possível notar que está bem mais fácil quando início uma nova partida
Validado	Sim

Nº do Teste	7
Testado por	Douglas Aquino
Data do Teste	11/04/2023
Objeto de Teste	Novo jogo
Caso de Teste	Verificar se todos os componentes eram de fácil visualização
Procedimento	Pedir a voluntários que testassem o novo jogo, e retornassem comentários sobre a visibilidade dos componentes
Resultado esperado	Todos os componentes são perfeitamente enxergados
Validado	Não
Problema encontrado	De acordo com os comentários recebidos, o jogo possuía um fundo muito escuro o que as vezes se confundia com a cor do player e a cores inimigos

Nº do Teste	8
Testado por	Douglas Aquino
Data do Teste	18/04/2023
Objeto de Teste	Novo jogo
Caso de Teste	Verificar se todos os componentes eram de fácil visualização
Procedimento	Pedir a voluntários que testassem o novo jogo, e retornassem comentários sobre a visibilidade dos componentes
Resultado esperado	Todos os componentes são perfeitamente enxergados
Validado	Sim

Nº do Teste	9
Testado por	Douglas Aquino
Data do Teste	07/09/2023
Objeto de Teste	NodeMCU e Baterias
Caso de Teste	Verificar se o ESP32 funciona corretamente ao ser ligado com a bateria
Procedimento	Carregar um código que se conecta com o banco de dados e altera um documento
Resultado esperado	Ao ligar o ESP32 com a bateria, o dado no banco de dados deve ser alterado
Validado	Sim

Nº do Teste	10
Testado por	Douglas Aquino
Data do Teste	07/09/2023
Objeto de Teste	NodeMCU e módulo giroscópio
Caso de Teste	Verificar se o ESP32 recebe os dados do módulo
Procedimento	Carregar um código que solicita os dados e mostra no monitor serial
Resultado esperado	Ao movimentar o ESP32 em diferentes direções, obter alteração na variável correspondente
Validado	Sim

Nº do Teste	11
Testado por	Douglas Aquino
Data do Teste	08/09/2023
Objeto de Teste	NodeMCU, módulo giroscópio e bateria
Caso de Teste	Verificar se o ESP32 recebe os dados do módulo quando alimentado por uma bateria
Procedimento	Carregar um código que solicita os dados ao módulo e atualiza os valores do giroscópio no banco de dados
Resultado esperado	Ao movimentar o ESP32 em diferentes direções, obter alteração no banco de dados
Validado	Sim

Nº do Teste	12
Testado por	Douglas Aquino
Data do Teste	17/09/2023
Objeto de Teste	Jogo na Godot
Caso de Teste	Controlar o personagem do jogo usando o teclado
Procedimento	Executar o jogo desenvolvido com um sistema de debug e verificar as saídas
Resultado esperado	Nem um erro
Validado	Sim

Nº do Teste	13
Testado por	Douglas Aquino
Data do Teste	18/09/2023
Objeto de Teste	Jogo Integrado na Godot
Caso de Teste	Controlar o personagem do jogo usando o teclado
Procedimento	Executar o jogo desenvolvido com um sistema de debug e verificar as saídas
Resultado esperado	Nem um erro
Validado	Sim

Nº do Teste	14
Testado por	Douglas Aquino
Data do Teste	17/10/2023
Objeto de Teste	Comunicação Godot e Firestore
Caso de Teste	Enviar dados de fim de partida da Godot para o banco de dados no Firebase
Procedimento	Executar o jogo desenvolvido e verificar o banco de dados no final da partida
Resultado esperado	Os dados corretos devem estar presentes no banco de dados
Validado	Sim

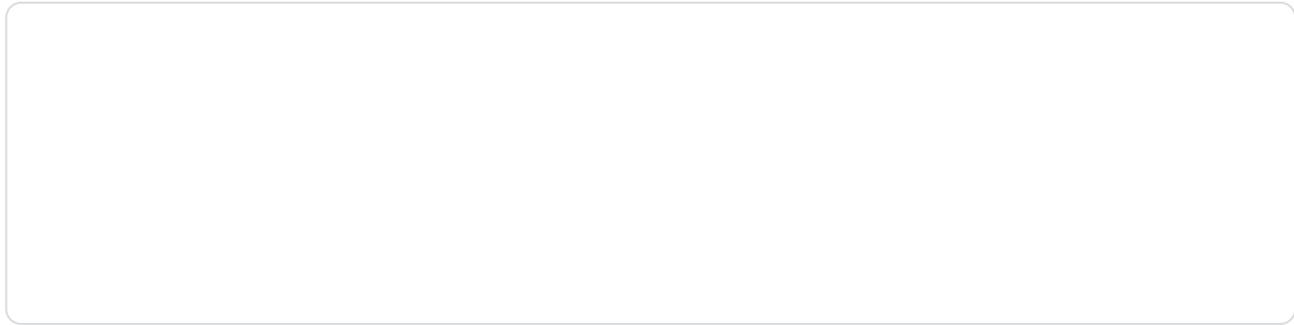
Nº do Teste	15
Testado por	Douglas Aquino
Data do Teste	20/10/2023
Objeto de Teste	Comunicação ESP32 e Godot via bluetooth
Caso de Teste	Controlar o personagem do jogo com os dados do giroscópio
Procedimento	Executar o jogo desenvolvido e verificar os dados recebidos e se o personagem se move
Resultado esperado	O personagem deve se mover de acordo com que se move o ESP32
Validado	Não
Resultado	A Godot não identifica a comunicação bluetooth, e os comandos acabam interferindo no funcionamento de todo o sistema

Nº do Teste	16
Testado por	Douglas Aquino
Data do Teste	22/10/2023
Objeto de Teste	Executáveis do sistema
Caso de Teste	Verificar se os executáveis funcionam corretamente em diferentes sistemas operacionais
Procedimento	Compilar e gerar o executável para cada Sistema operacional e tentar executar em: Linux, Windows e RaspiberryPi
Resultado esperado	O sistema deve funcionar corretamente
Validado	Sim

Nº do Teste	17
Testado por	Douglas Aquino
Data do Teste	22/10/2023
Objeto de Teste	Executáveis do sistema
Caso de Teste	Verificar se os executáveis funcionam corretamente em diferentes sistemas operacionais
Procedimento	Compilar e gerar o executável para cada Sistema operacional e tentar executar em: Linux, Windows e RaspiberryPi
Resultado esperado	O sistema deve funcionar corretamente
Validado	Sim

Nº do Teste	18
Testado por	Douglas Aquino
Data do Teste	04/11/2023
Objeto de Teste	CRUD do sistema WEB
Caso de Teste	Verificar se é possível adicionar, buscar, remover, atualizar um fisioterapeuta
Procedimento	Executar todas as operações usando o sistema, e verificar o comportamento dos dados no banco de dados
Resultado esperado	Os dados devem ser adicionados, encontrados, removidos e atualizados quando solicitado
Validado	Sim

**APÊNDICE D – RESPOSTAS AO FORMULÁRIO DE VALIDAÇÃO DO
SISTEMA PHYSIO GAMES**



Formulário de validação do Sistema Physio Games

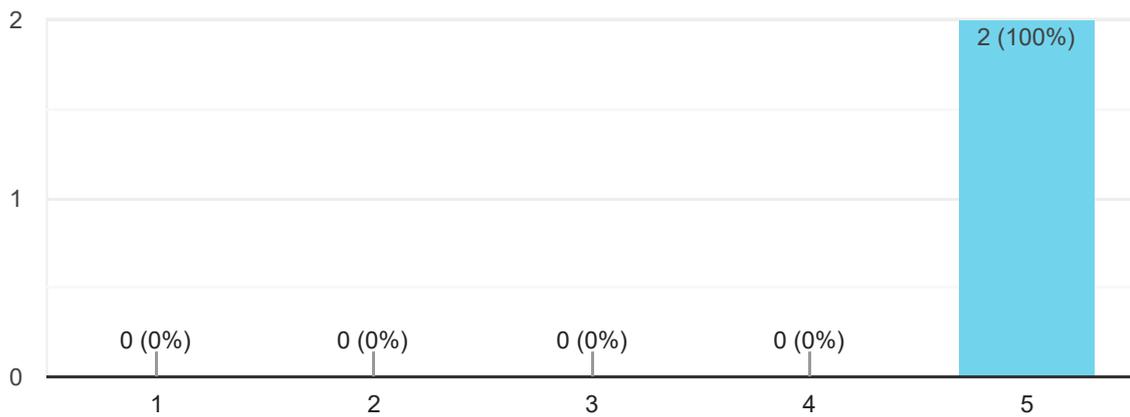
2 respostas

[Publicar análise](#)

 Copiar

A ferramenta completa é de fácil uso

2 respostas

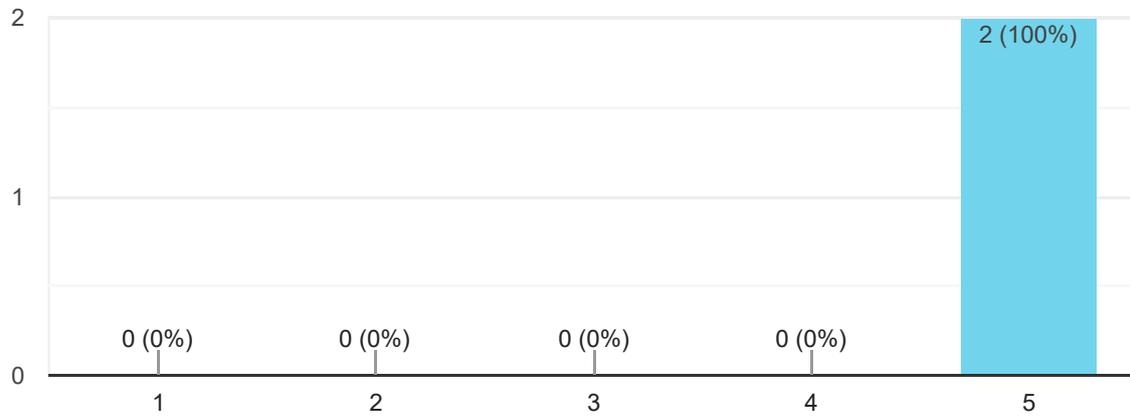




A ferramenta é auto explicativa quanto a navegabilidade

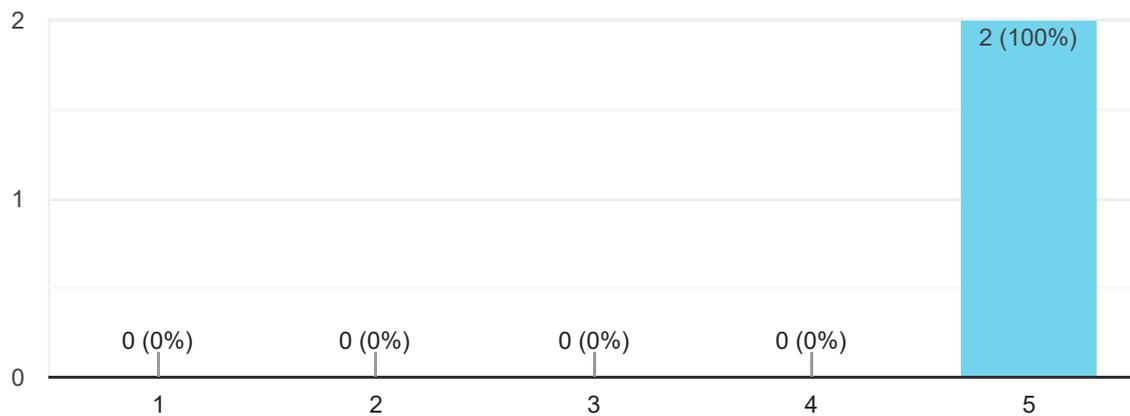
(É possível entender e navegar em seus menus sem problemas/dificuldades)

2 respostas



É fácil encontrar a informação que desejo no sistema

2 respostas

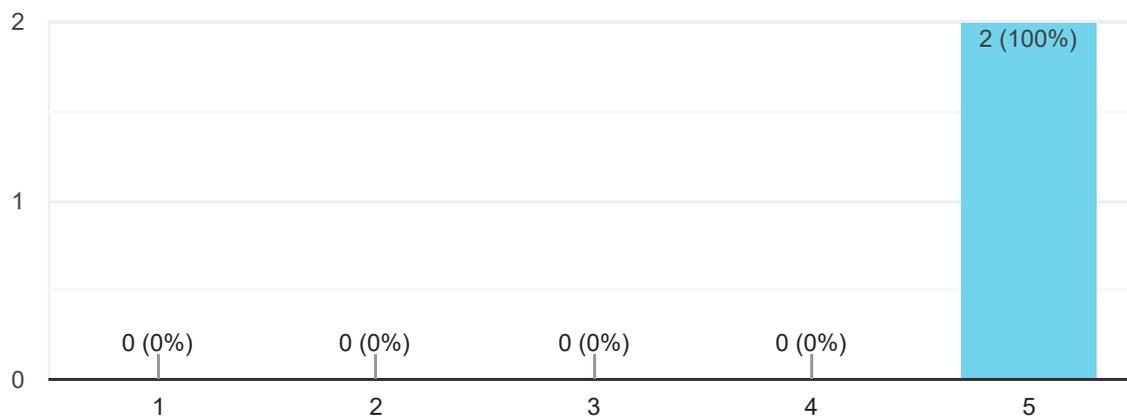




Eu acho que eu precisaria de suporte técnico para ser capaz de usar esse sistema.

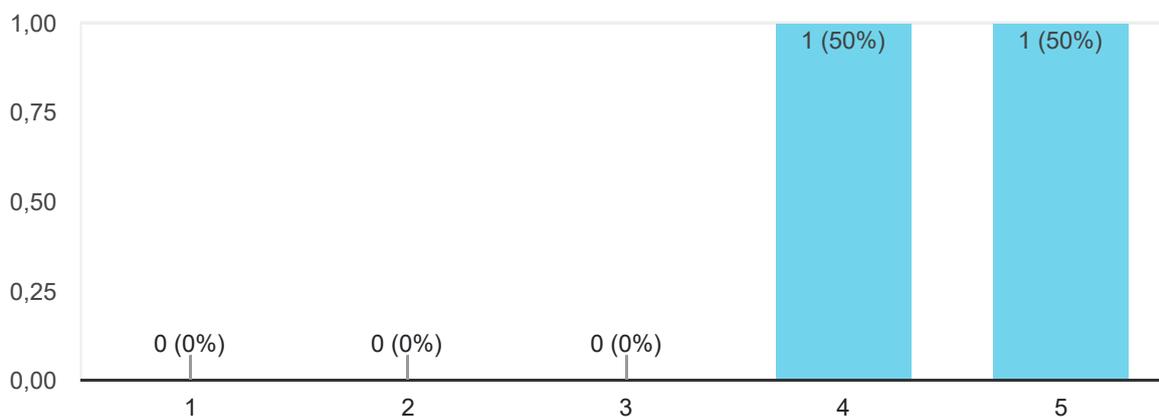
(Sistema na página web)

2 respostas



A ferramenta é intuitiva de modo que antes de clicar em algum botão eu sei a ação dele

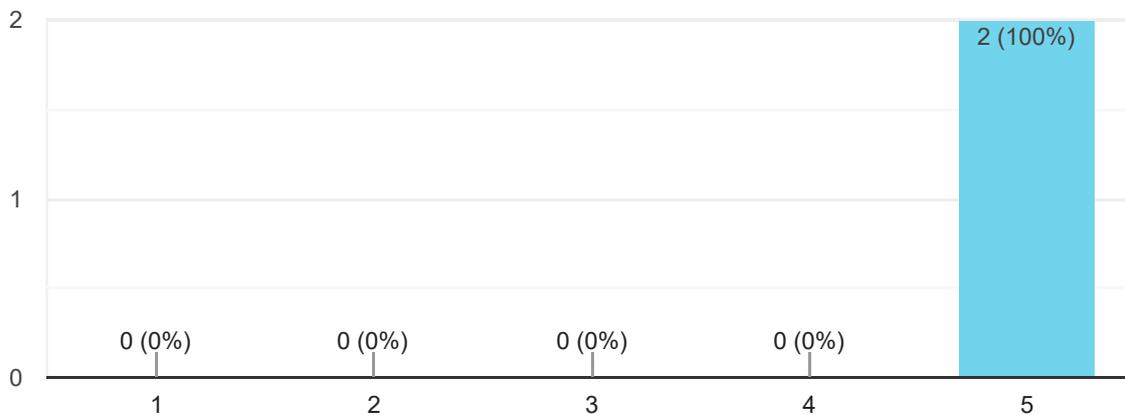
2 respostas



 Copiar

A ferramenta produz os resultados que espero

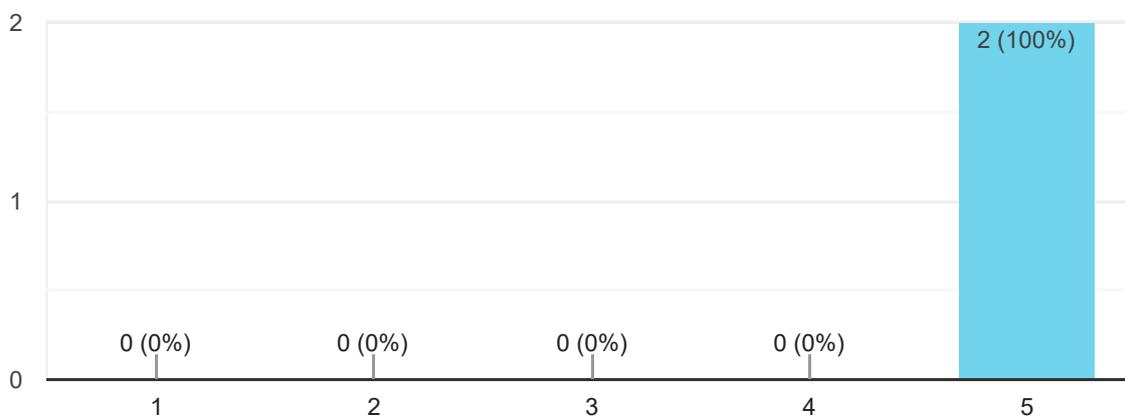
2 respostas



 Copiar

Recomendo a utilização da ferramenta

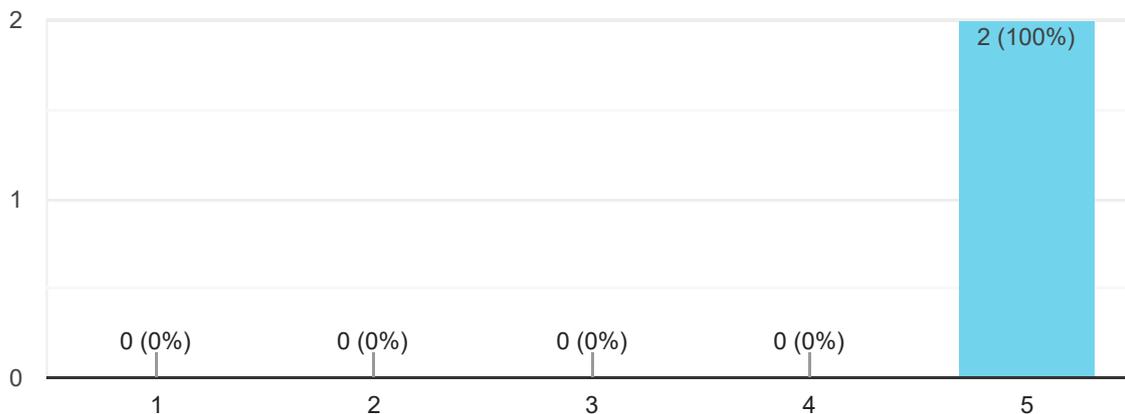
2 respostas



 Copiar

Estou interessado em utilizar a ferramenta

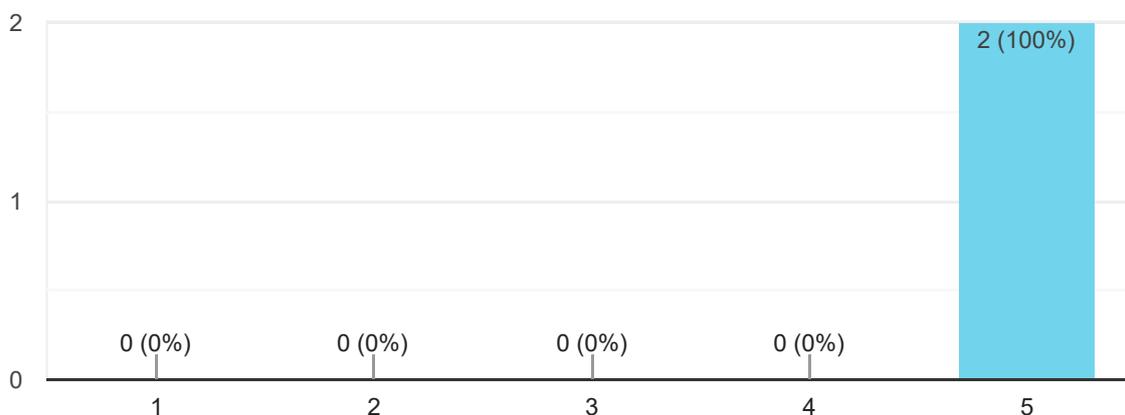
2 respostas



 Copiar

A ferramenta é apropriada para estudo do desenvolvimento do paciente

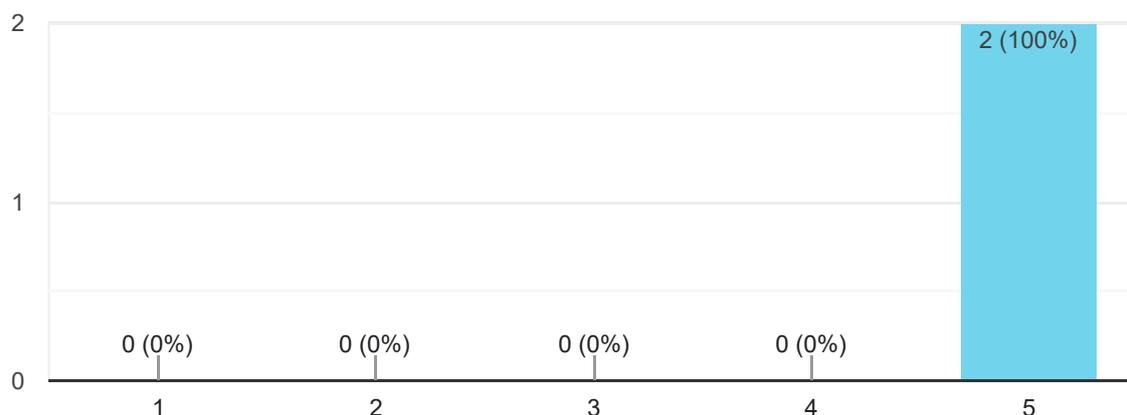
2 respostas





A ferramenta é apropriada para realização da sessão de fisioterapia

2 respostas



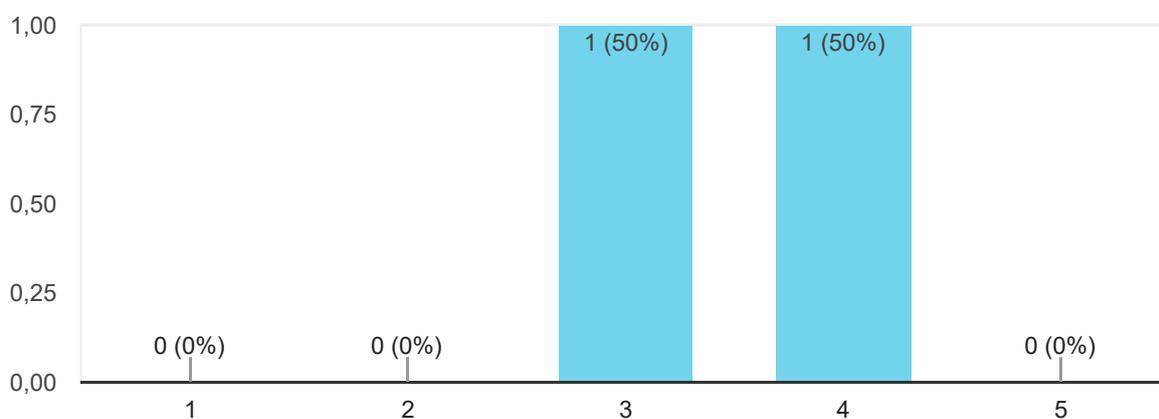
Perguntas sobre o sistema com os jogos



Eu acho que eu precisaria de suporte técnico para ser capaz de usar esse sistema.

(Aplicativo com os jogos)

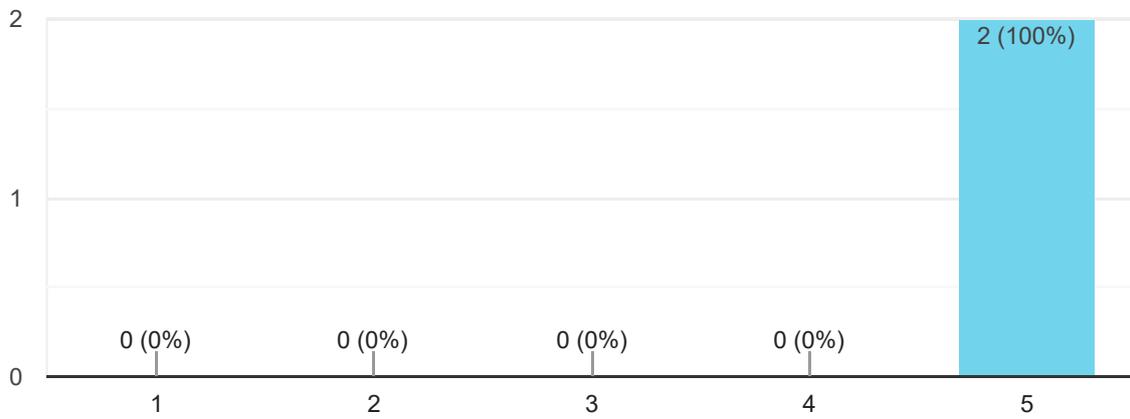
2 respostas



Sobre o jogo SpaceTerapia: Eu acho que eu gostaria de usar esse jogo frequentemente.

 Copiar

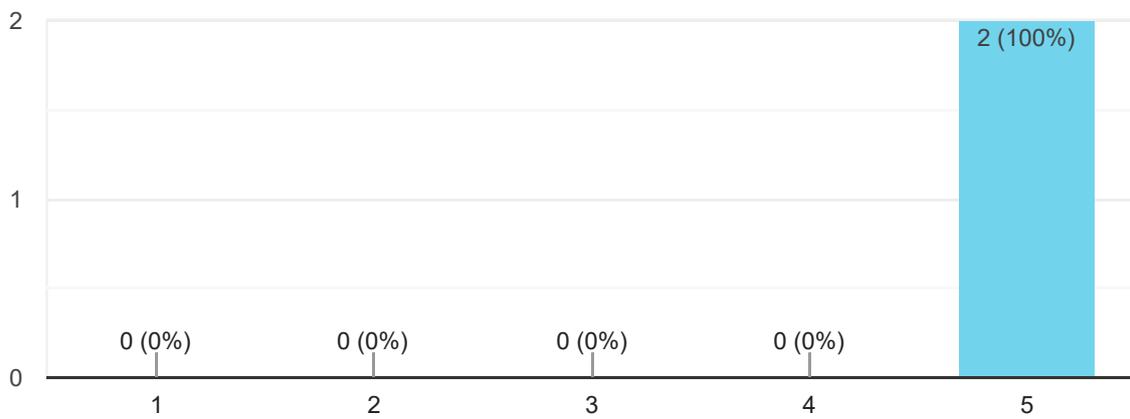
2 respostas



Sobre o jogo PongTerapia: Eu acho que eu gostaria de usar esse jogo frequentemente.

 Copiar

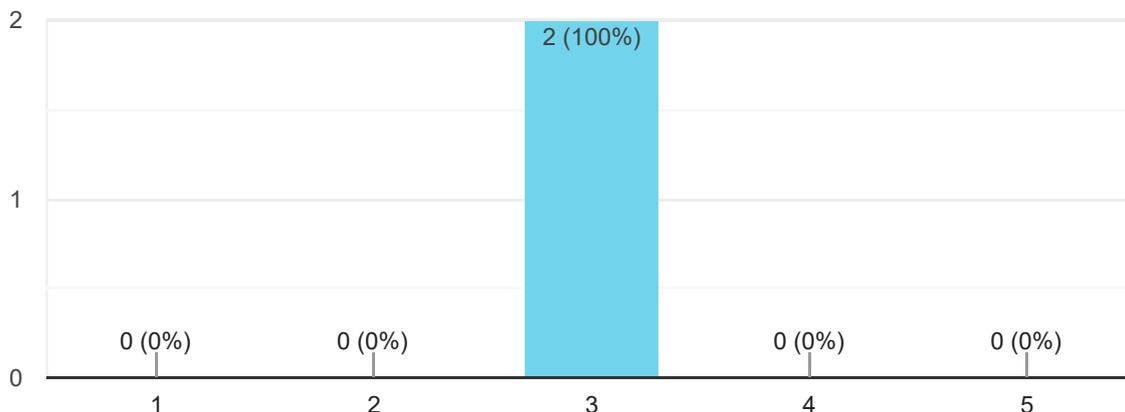
2 respostas



 Copiar

Eu acho os jogos desnecessariamente complexo.

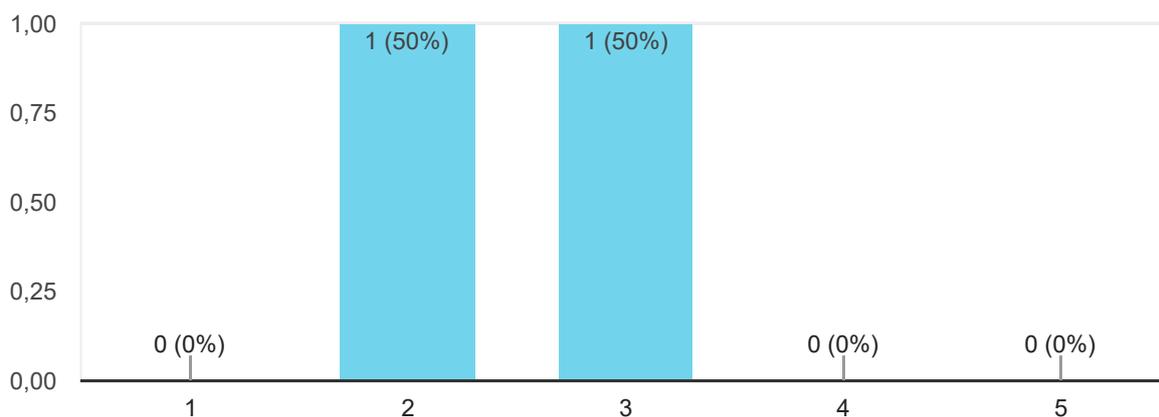
2 respostas



 Copiar

Eu achei o jogo desnecessariamente fácil.

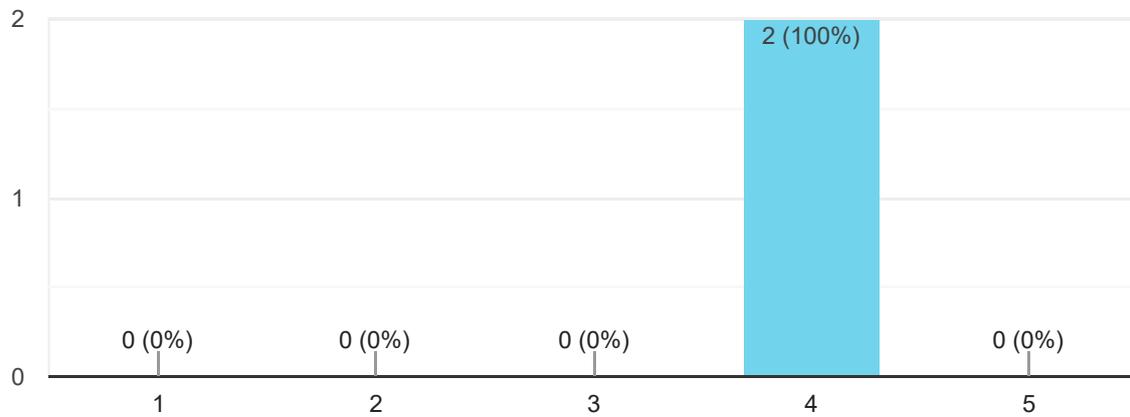
2 respostas





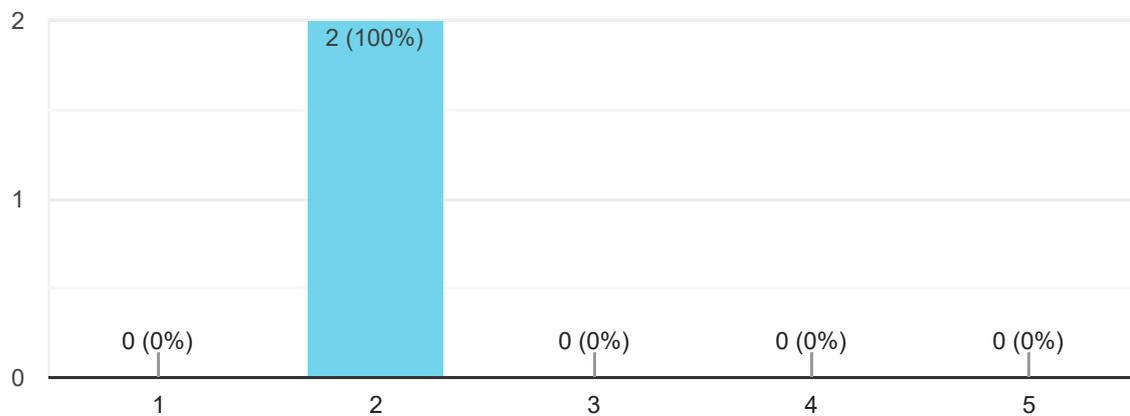
Eu imagino que a maioria das pessoas aprenderia a usar esses jogos rapidamente

2 respostas



Eu precisei aprender várias coisas antes que eu pudesse usar o sistema adequadamente.

2 respostas



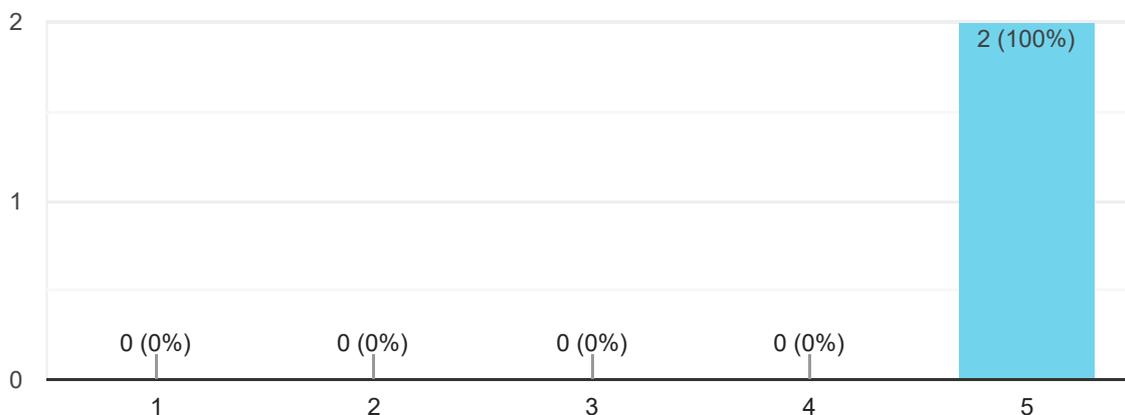
Sobre o jogo com áudio



 Copiar

Os sons me estimularam a continuar jogando.

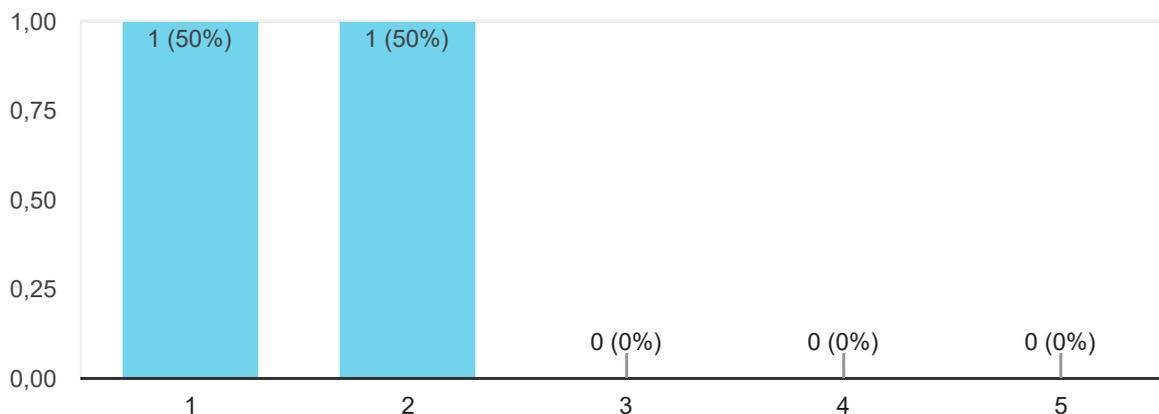
2 respostas



 Copiar

A quantidade de sons no jogo me irritou.

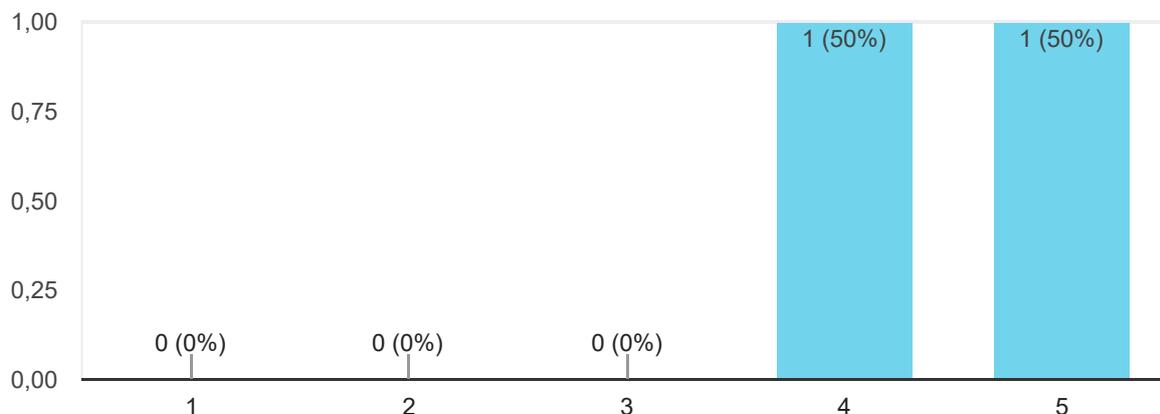
2 respostas





Os sons me ajudaram a realizar o movimento corretamente.

2 respostas

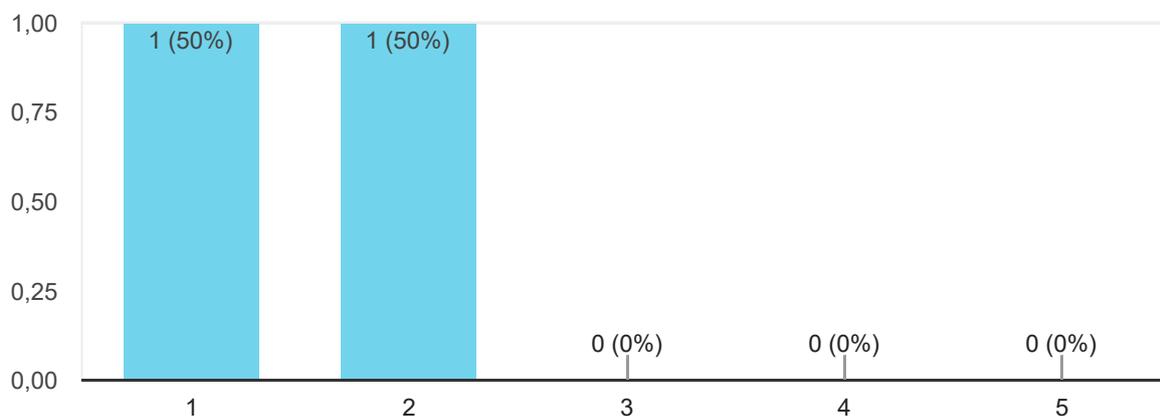


Sobre as imagens e animações nos jogos



Não entendi a frequência com que a ilustração aparecia.

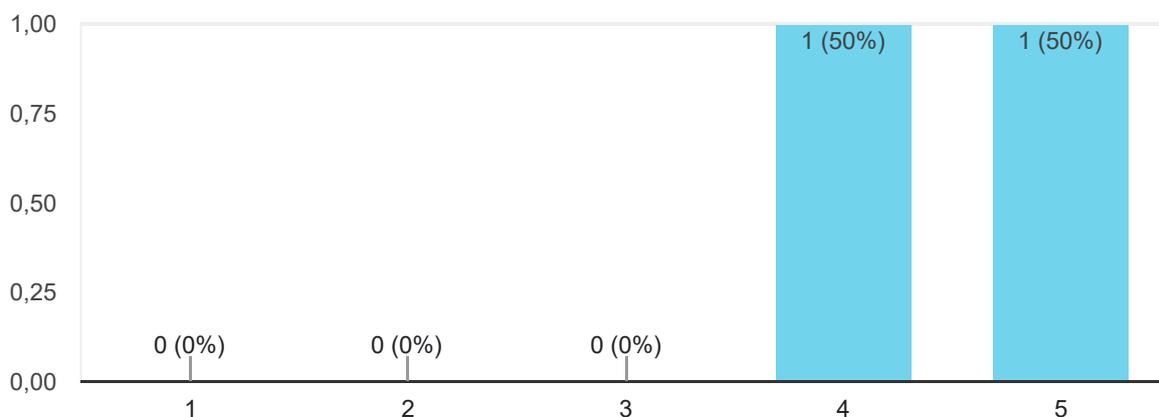
2 respostas





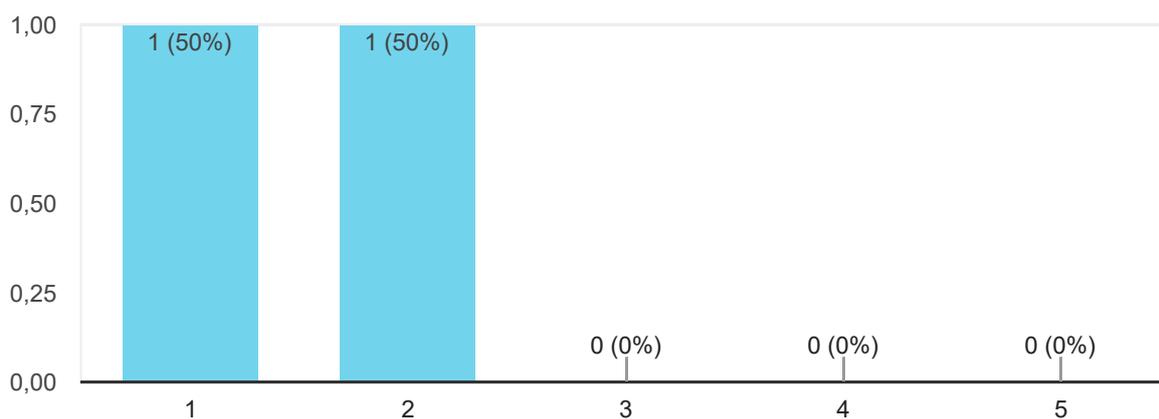
Haviam ilustrações que me ajudaram a perceber quando eu estava errando.

2 respostas



Não consegui entender a mensagem que algumas ilustrações queriam passar

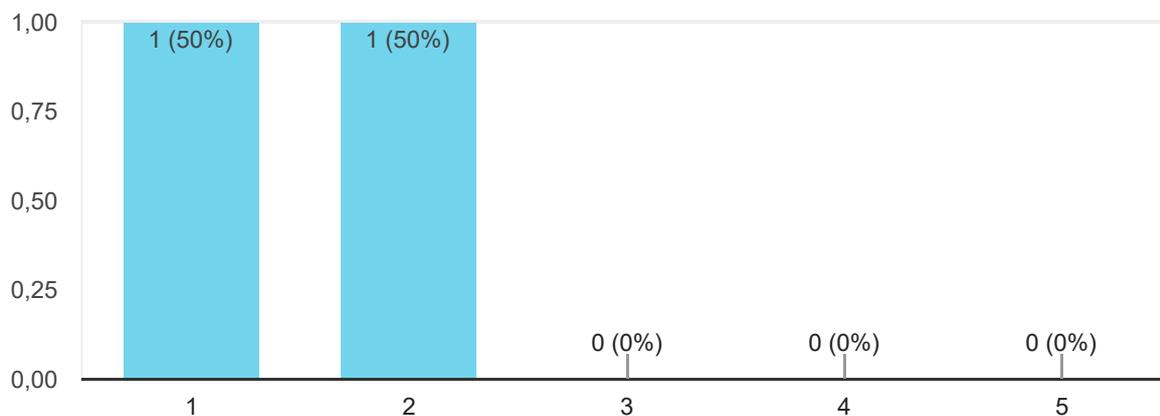
2 respostas





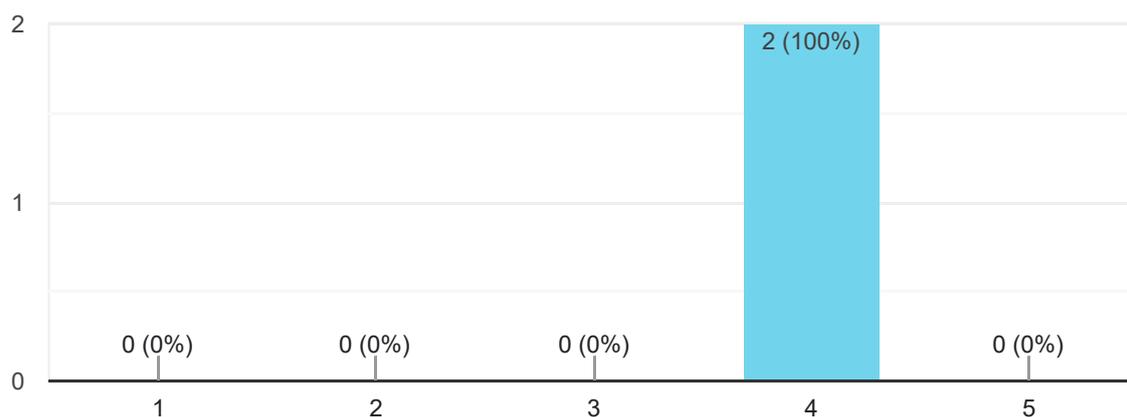
O local onde algumas imagens aparecem não favorece sua visualização.

2 respostas



O tempo de exibição da imagem foi suficiente para compreendê-la.

2 respostas



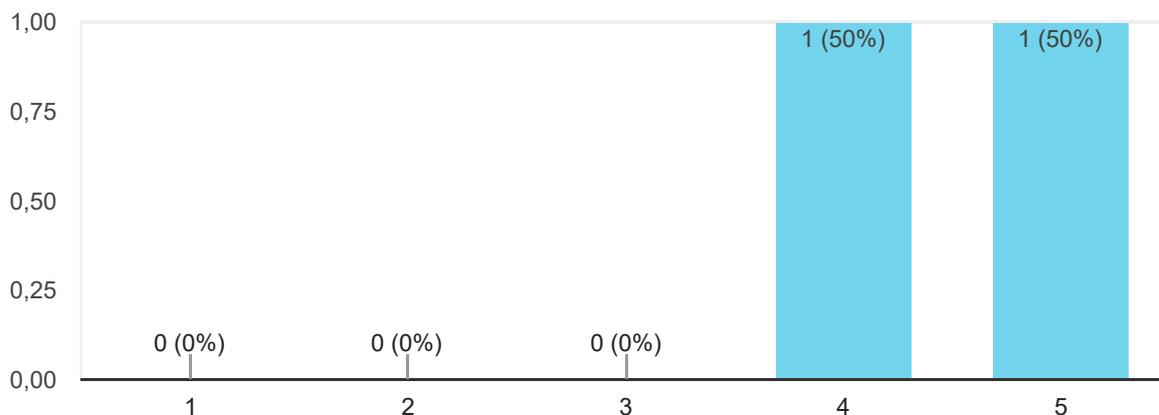
Sobre os textos do sistema





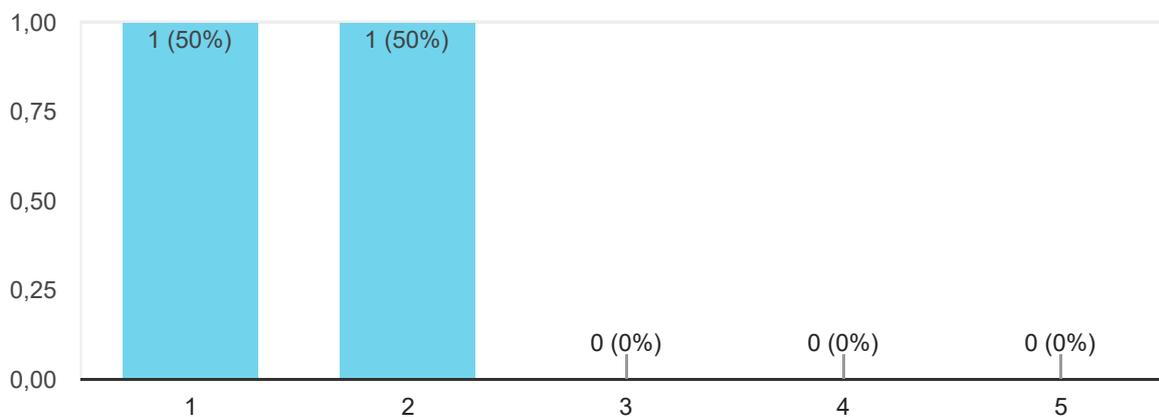
Conseguir ler claramente as mensagens de texto que o sistema exibia.

2 respostas



A linguagem e termos utilizados pelo sistema eram de difícil compreensão.

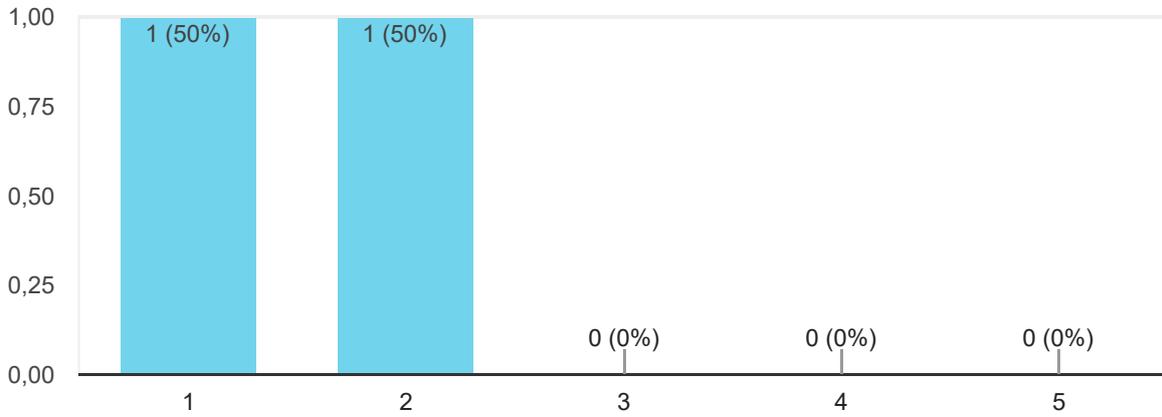
2 respostas



 Copiar

O local onde o texto apareceu não favoreceu sua visualização.

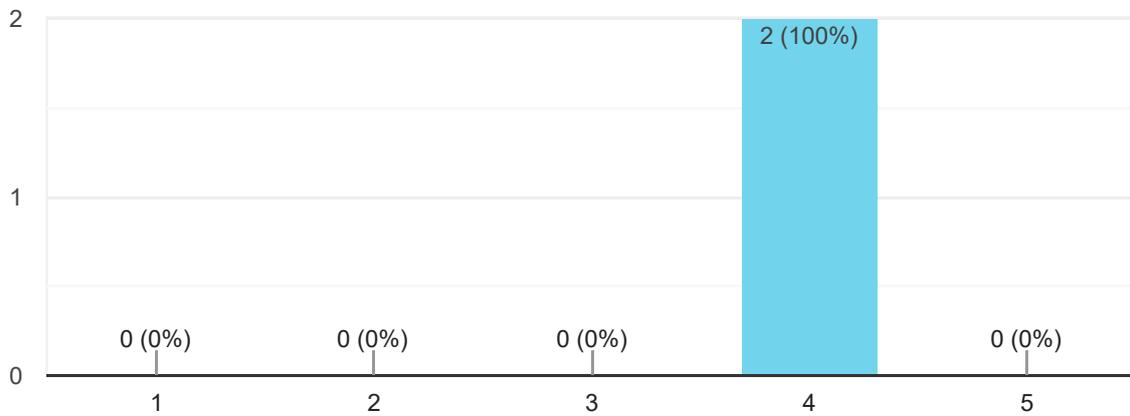
2 respostas



 Copiar

O texto apresentava bom tamanho e cor para sua leitura.

2 respostas



Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google. [Denunciar abuso](#) - [Termos de Serviço](#) - [Política de Privacidade](#)

Google Formulários



**APÊNDICE E – CHECKLIST PROPOSTO POR PILLON UTILIZADO NO
DESENVOLVIMENTO DO PHYSIO GAMES**

- Terapia
 - ✓ Coleta de dados - Os dados devem ser coletados para que o terapeuta possa verificar o desempenho do paciente em cada sessão e acompanhar o seu progresso. Algumas informações que podem ser relatadas são: desempenho, completude dos exercícios, tempo de jogo e assiduidade do paciente.
 - Adaptabilidade - O jogo deve apresentar uma variabilidade de exercícios para que possam atender a diferentes pacientes com necessidades específicas.
 - ✓ Repetição - A repetição da atividade ajuda na memorização e no desenvolvimento do paciente, sendo interessante que o paciente retorne ao jogo sempre que possível.
 - ✓ Movimento - A aprendizagem motora é mais eficaz quando a prática inclui condições ambientais e de movimento semelhantes às exigidas em um contexto real. Por exemplo treinar caminhada utilizando simulações em uma esteira. Sendo assim, devem-se incluir movimentos que sejam úteis para ajudar nas tarefas do dia a dia.

- Motivação
 - ✓ Dificuldade - Dado que pode existir uma grande variedade de características dos pacientes, é importante oferecer a possibilidade de ajustar a dificuldade do jogo conforme as habilidades de cada jogador. Outros autores também mencionam que é importante manter os jogadores no Estado de *Flow*. Desse modo, a dificuldade do jogo é balanceada de acordo com as habilidades de cada pessoa para que eles permaneçam envolvidos com a experiência.
 - ✓ Objetivos e resultados - O jogo deve oferecer metas claras, assim como os resultados esperados no jogo. O objetivo (ou meta) indica o que o jogador deve fazer no jogo, por exemplo, obter pontuação máxima, chegar ao fim, vencer o chefão, pegar a bandeira, conseguir as melhores cartas, etc. Já os resultados são uma forma de medir se o jogador alcançou ou não os objetivos.
 - ✓ Música - A música deve estar apropriada à idade, bem como ao objetivo do jogo ou aos movimentos realizados. Uma possibilidade é que os próprios usuários possam alterar o estilo de música preferido na página de configurações do aplicativo.
 - História - A história do jogo deve se aproximar das atividades diárias. Essas atividades podem incluir esportes, natação, remo, exercícios, dança, jogos de quebra-cabeça, passeios na natureza, etc.
 - Tema - O tema do jogo deve estar relacionado aos interesses. O acesso ao mundo dos jogos digitais é mais fácil, quando os gestos necessários estão relacionados às ações na vida real.

- ✓ Tempo - Ao contrário dos jogadores mais experientes, os idosos precisam de mais tempo para se envolver com um jogo. Eles precisam de tempo para entender o que está acontecendo e planejar uma reação.
 - Recompensas - Os jogos devem oferecer recompensas e *feedback* positivo. As recompensas e o *feedback* positivos são benefícios que se recebe com base no bom desempenho ou ao concluir uma tarefa com sucesso.
 - ✓ Nível de progresso - É recomendado que o progresso seja comunicado através da pontuação do exergame. A pontuação é um indicador numérico que mostra o desempenho do jogador.
 - Interação social - A interação social ajuda na aprendizagem do jogo, aumenta a diversão e é um fator importante para a motivação.
 - Diversão - O treinamento deve incluir a diversão e ser envolvente. A diversão em um jogo está relacionada a vários fatores, como: descoberta, entusiasmo, fantasia, medo/admiração, prazer e surpresa.
 - Informações - Os jogos devem mostrar informações para incentivar as pessoas a serem mais ativas. Entretanto, as informações importantes devem vir após a jogabilidade para não desviar a atenção dos pacientes.
- Interação
 - ✓ Interface - Diferentes autores abordam o tópico “interface” nos artefatos para a reabilitação virtual. A interface deve ser fácil de usar para que eles possam se concentrar no exercício do jogo.
 - ✓ Cores - Os idosos enxergam melhor as cores vivas e quentes, como vermelho, laranja e amarelo, do que as frias, como o azul e roxo. Eles podem ter dificuldade em distinguir as cores escuras e os tons pastéis. Também pode haver uma redução na acuidade visual, tornando as imagens próximas desfocadas e os detalhes das texturas difíceis de discriminar. Portanto, devem-se utilizar cores quentes e brilhantes (íntensas) com texturas simples.
 - ✓ Botões - Os botões da interface devem ser grandes e com uma distância grande entre eles. Pesquisas indicam que o tamanho ideal de um alvo de toque na interface de dispositivos móveis é de 1 x 1 centímetros (cm). Os alvos muito pequenos e abarrotados representam um desafio para os usuários, principalmente para o público de idosos.
 - Texto - Deve-se fornecer *feedback* sonoro através de um texto gravado. Caso seja necessário apresentar textos, é importante utilizar fontes grandes e claras.
 - Áudio - O áudio ambiental permite ouvir o som na direção em que ele está sendo emitido. Ele pode ser utilizado para orientar a atenção do usuário para uma determinada área do cenário.

- Feedback - O *feedback* é qualquer informação sobre como uma habilidade foi realizada e a eficácia com que foi executada. O *feedback* pode ser visual e auditivo, das ações do jogador, ou mesmo das ações erradas.
 - ✓ Animações - As animações são mais eficazes do que imagens estáticas ou textos para transmitir as informações sobre os movimentos a serem realizados no jogo.
 - ✓ Gráficos - É importante evitar o excesso de informações na tela, pois os idosos podem ter dificuldade de encontrar os objetos em cenas visualmente complexas. Também se devem evitar objetos pequenos e com movimentos rápidos.
 - Configuração e instalação - Os jogos devem ser fáceis de configurar e executar, mostrar a língua nativa do usuário, assim como apresentar recursos ajustáveis para que possam ser modificados conforme as necessidades de cada paciente. Estes recursos podem ser apresentados por meio de um controle deslizante (*slider*). Eles são ótimos para ajustar o volume, o brilho e a cor da tela.
 - Assistência - Dado que os idosos podem, eventualmente, apresentar deficiências visuais e/ou auditivas, é importante utilizar diferentes recursos, sejam visuais, auditivos, ou vibrotátil para fornecer assistência adequada para o jogador.
 - Autonomia - A autonomia se refere à capacidade do paciente poder jogar sozinho sem a presença de um profissional de fisioterapia.
 - ✓ Entrada de dados - Convém utilizar o movimento do jogador como entrada principal para a interação com o jogo .
- Segurança
 - Suporte - Refere-se ao uso de tutoriais ou sugestões para que os jogadores possam aprender as habilidades necessárias no jogo.
 - ✓ Dados pessoais - Deve-se evitar mostrar dados pessoais na tela, como o índice de massa corporal (IMC) e o resultado dos testes de equilíbrio. A exposição dos dados pessoais deve ser omitida em jogos multijogador.

ANEXO A – REQUISITOS DO SISTEMA TENNIS PHYSIO

**Documento de Requisitos:
TennisGame Physio**

Versão 02 - Setembro, 2021.

Introdução

Este documento especifica o projeto TennisGame, fornecendo as informações necessárias para o projeto e implementação, sendo possível a realização de testes do sistema. Neste documento serão detalhadas informações sobre os requisitos do usuário, e os requisitos funcionais e não funcionais da solução e, posteriormente serão elencados em uma tabela os níveis de prioridades dos requisitos funcionais e não-funcionais.

Método de Obtenção

O levantamento dos requisitos foi efetuado através de entrevistas abertas, em que não há uma lista de perguntas pré-definidas, com os profissionais fisioterapeutas do Serviço de Reabilitação Física de Bagé/RS.

Organização do documento

O documento está dividido em três tópicos principais: requisitos do usuário que são declarações do que o sistema deverá oferecer aos seus usuários e restrições com as quais este deve operar; e, os requisitos funcionais que são declarações de serviços que o sistema deve fornecer, de como o sistema deve reagir a entradas específicas e de como se comportar em determinadas situações, e requisitos não-funcionais da solução que são restrições aos serviços ou funções oferecidos pela solução.

Além disso, há uma tabela que estabelece três níveis de prioridades para os requisitos, adotando como classificação a seguinte:

- Essencial: é o requisito, no qual, o sistema não entra em funcionamento. Ele é imprescindível.
- Importante: é o requisito que o sistema entra em funcionamento sem ele, porém, não de forma satisfatória. Eles devem ser implementados, mas, caso não for possível a solução funcionará sem eles.
- Desejável: é o requisito que não compromete as funcionalidades básicas do sistema, ou seja, o sistema poderá funcionar de forma satisfatória sem a sua implementação. Esses requisitos podem ser alocados em versões posteriores do sistema como sendo uma evolução do sistema, caso o tempo de implementação seja insuficiente.

1. Descrição dos requisitos de usuário

- a. A aplicação solicitará antes da sessão dados do paciente, como, por exemplo, o nome, nível de amputação e, dados físicos, por exemplo, batimentos cardíacos e pressão arterial. Ao final da sessão será novamente solicitado os dados físicos do usuário.
- b. Durante a sessão o sistema irá capturar dados do paciente durante o jogo, sendo que para pacientes de amputações de membro superior serão capturados a precisão das jogadas, número de acertos e erros e, em pacientes de amputações de membro inferior será capturado o tempo decorrido no jogo.
- c. O sistema terá cadastro de pacientes e de profissionais fisioterapeutas.
- d. Para cada paciente o profissional fisioterapeuta poderá acompanhar o desenvolvimento do paciente durante as sessões.

2. Requisitos funcionais e não-funcionais

a. Requisitos funcionais

- i. Incluir/excluir paciente de cadastro
- ii. Incluir/excluir profissional fisioterapeuta
- iii. Capturar dados físicos dos pacientes, sendo eles: pressão arterial, batimentos cardíacos, oxigenação do sangue
- iv. Fisioterapeuta realiza a configuração da partida para o paciente, com as opções de: tempo de jogo, número de acertos e fases.
- v. Capturar dados de desempenho do paciente durante a partida, como: número de acertos, número de erros, precisão do rebote, duração da partida.
- vi. Consulta do histórico do paciente nas sessões
- vii. Geração de relatório do desempenho do paciente
- viii. Login no sistema sem senha

b. Requisitos não funcionais

- i. O sistema deve ser implementado utilizando três linguagens de programação: C#, C, Dart.
- ii. O protótipo do jogo precisa ser portátil para dispositivos como *Raspberry Pi 3 Model B*.
- iii. O consumo de processamento do sistema portátil é restrito a até 1 GB de Memória RAM, sendo que, esta memória é compartilhada com o processamento da CPU.
- iv. O armazenamento do software deve ser feito, necessariamente, em um cartão MicroSD de no mínimo 8 GB de armazenamento.
- v. O Sistema Operacional embarcado na *Raspberry Pi 3*, obrigatoriamente, deve ser um Sistema Linux.
- vi. O protótipo da aplicação, quando executado na *Raspberry Pi 3*, requer que a solução seja compilada para Linux.
- vii. Para coletar os movimentos do jogo deve ser utilizado um suporte de braçadeira para celular.
- viii. Os gráficos do jogo precisam ser construídos utilizando ferramentas gratuitas como: *inkscape* e *gimp*.
- ix. O aplicativo de coleta de dados precisa ser executado em Smartphones Android.
- x. O sistema deverá se comunicar com o Banco de Dados.

3. Tabela de prioridade dos requisitos funcionais e não-funcionais

	Essencial	Importante	Desejável
2.a.i	•		
2.a.ii	•		
2.a.iii		•	
2.a.iv	•		
2.a.v		•	
2.a.vi		•	
2.a.vii			•
2.a.viii	•		
2.b.i	•		
2.b.ii			•
2.b.iii			•
2.b.iv			•
2.b.v			•
2.b.vi			•
2.b.vii	•		
2.b.viii	•		
2.b.ix	•		
2.b.x		•	