



UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPUS I
CENTRO CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS
DEPARTAMENTO DE COMPUTAÇÃO
CURSO DE COMPUTAÇÃO

LUCAS FAUSTO MEDEIROS

Architectural Design for a Immersive Virtual Reality

CAMPINA GRANDE
2024

LUCAS FAUSTO MEDEIROS

Architectural Design for a Immersive Virtual Reality

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Computação do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual da Paraíba como requisito parcial à obtenção do título de Licenciado(a) em Computação.

Área de concentração: Arquitetura de Software

Orientador: Prof. Dra Ana Isabella Muniz

**Campina Grande
2024**

É expressamente proibida a comercialização deste documento, tanto em versão impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que, na reprodução, figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

M488a Medeiros, Lucas Fausto.

Architectural design for a immersive virtual reality
[manuscrito] / Lucas Fausto Medeiros. - 2024.
38 f. : il. color.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciência da computação) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2024.

"Orientação : Prof. Ma. Ana Isabella Muniz Leite, Departamento de Computação - CCT".

1. Virtual Reality. 2. Architecture. 3. Software. I. Título

21. ed. CDD 006.8

LUCAS FAUSTO MEDEIROS

ARCHITECTURAL DESIGN FOR A IMMERSIVE VIRTUAL REALITY

Artigo Científico apresentado à
Coordenação do Curso de Ciência da
Computação da Universidade Estadual
da Paraíba, como requisito parcial à
obtenção do título de Bacharel em
Computação

Aprovada em: 14/11/2024.

Documento assinado eletronicamente por:

- **Fábio Luiz Leite Júnior** (***.848.564-**), em **28/11/2024 09:09:46** com chave **a883d77cad8111ef97491a7cc27eb1f9**.
- **Ana Isabella Muniz Leite** (***.834.864-**), em **28/11/2024 09:08:39** com chave **8080bc9aad8111efaf5006adb0a3afce**.
- **Paulo Eduardo e Silva Barbosa** (***.886.504-**), em **28/11/2024 09:47:37** com chave **f2505704ad8611efb2bb1a7cc27eb1f9**.

Documento emitido pelo SUAP. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QrCode ao lado ou acesse https://suap.uepb.edu.br/comum/autenticar_documento/ e informe os dados a seguir.

Tipo de Documento: Termo de Aprovação de Projeto Final

Data da Emissão: 28/11/2024

Código de Autenticação: 0eb6d0



Este trabalho dedico
primairamente a
Deus, cujo sua
misericórdia me deu
sabedoria para tudo.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar minha profunda gratidão a todas as pessoas que contribuíram para a realização deste trabalho. Primeiramente, agradeço ao meu pai, José Medeiros Junior, Dr da Vida e Mestre em ser um pai, que foi o maior professor que a vida me deu. Agradeço também à minha mãe, que é uma fonte constante de afeto e amor, e uma das minhas principais razões para seguir em frente.

Minha sincera gratidão também para minha orientadora, Ana Isabella, cuja expertise em sala de aula me guiou para descobrir minha vocação. Agradeço ao professor Paulo, que teve um impacto fundamental na minha vida profissional, sem o qual minha trajetória não seria a mesma.

Sou grato aos meus familiares, que, cada um à sua maneira, me ensinaram tudo o que sei. Aos meus colegas de turma e amigos da graduação, que enfrentaram comigo a longa jornada da universidade, meu agradecimento especial. Finalmente, agradeço aos colegas do Nutes, que também contribuíram e colaboraram para o desenvolvimento deste trabalho.

”Um computador mereceria ser chamado de inteligente se pudesse enganar um humano fazendo-o acreditar que era humano.” —
Alan Turing

RESUMO

O número de idosos está crescendo rapidamente, incluindo aqueles que enfrentam declínio cognitivo e, conseqüentemente, dificuldades nas atividades diárias. Uma ferramenta nova e promissora para melhorar o funcionamento cognitivo é a realidade virtual imersiva. A RV imersiva oferece um ambiente de aprendizagem altamente eficaz que pode ser potencialmente utilizado para facilitar o treinamento cognitivo por meio de feedback sensorial em tempo real, permitindo que a imersão ocorra. No entanto, ainda há uma falta de técnicas para aplicar RV imersiva em idosos para melhorar as habilidades cognitivas. Para preencher essa lacuna, este artigo apresenta o Virtual Mente, um ecossistema focado em realidade virtual para monitoramento e avaliação da cognição e da capacidade motora em idosos. Além disso, o Virtual Mente pode servir como um modelo arquitetônico para projetos futuros, a fim de coordenar a comunicação entre as várias tecnologias utilizadas no projeto, garantindo uma integração eficiente e facilitando a interação entre pesquisadores, profissionais de saúde e pacientes. Resultados preliminares indicam que a adoção do Virtual Mente é viável para medir mudanças cognitivas sutis que podem auxiliar tanto no diagnóstico quanto nos contextos de treinamento e reabilitação, garantindo que os dados obtidos sejam válidos e confiáveis.

Palavras-chave: realidade virtual; arquitetura; software.

ABSTRACT

The number of elderly is growing rapidly, including those that struggle with cognitive decline and, consequently, activities of daily living. A novel and promising tool to improve cognitive functioning is immersive virtual reality. Immersive VR provides a highly effective learning environment that can potentially be used to facilitate cognitive training by real-time sensorial feedback, allowing for immersion to occur. However, there is still a lack of techniques for applying immersive VR in the elderly to improve cognitive skills. To address this gap, this paper presents the Virtual Mente, an ecosystem focused on virtual reality for monitoring and evaluating cognition and motor capacity in the elderly. In addition, the Virtual Mente can serve as an architectural model for future projects in order to coordinate the communication between the various technologies used in the project, ensuring efficient integration and facilitating interaction among researchers, healthcare professionals, and patients. Preliminary results indicate that adopting the Virtual Mente is feasible to measure subtle cognitive changes that may help diagnostic as well as training and rehabilitation settings, warranting the data obtained are valid and reliable.

Keywords: virtual reality; architecture; software.

SUMÁRIO

	Página
1	INTRODUÇÃO
	9
2	REVISÃO
	11
2.1	Trabalhos Relacionados
	11
3	VIRTUAL MENTE
	13
3.1	Arquitetura
	13
3.2	Funcionalidades
	15
3.3	Visão de Software
	17
3.3.1	Vincular Dispositivos
	17
3.3.2	Enviar Fases
	18
3.4	Interface de Usuário - Story Telling
	21
3.5	Plataforma para o Pesquisador
	25
3.6	Jogo - Ambiente Virtual
	25
3.6.1	Questões
	28
3.6.2	Métricas
	32
3.6.3	Game Goals
	32
3.7	Evoluções
	32
4	DISCUSSÕES
	34
5	CONCLUSÃO
	35
	REFERÊNCIAS
	35

1 INTRODUÇÃO

Monitorar a saúde de adultos mais velhos é crucial, especialmente considerando que a população com 65 anos ou mais está crescendo de forma constante, projetando-se alcançar 1,2 bilhão até 2025 (1). O declínio da função cognitiva relacionado ao envelhecimento, incluindo memória de longo prazo, funções executivas e orientação espacial, é um problema social real, tornando a triagem um desafio significativo (11). Nesse sentido, o uso de programas de tecnologia assistiva, como a realidade virtual (RV), tem se tornado cada vez mais difundido e popular (7; 9). Segundo Liao (3), o tratamento convencional é tão simples que já não consegue mais atender às necessidades dos pacientes para reabilitação, fazendo com que muitos se afastem do tratamento puramente convencional em direção a um ambiente de jogo virtual (videogames, treinamento em realidade virtual, etc.). De acordo com Dulau (5), a tecnologia de realidade virtual (RV) é aplicada para criar cenários mais imersivos, intuitivos, motivadores, interativos e multissensoriais para a participação e prática de atividades personalizadas. Essas atividades podem variar desde as tarefas diárias mais simples até ambientes totalmente virtuais, onde interações reabilitadoras oferecem experiências além do que os ambientes reais e convencionais podem proporcionar. Além disso, Liao (3) sugere que, com as vantagens fornecidas pelos dispositivos de realidade virtual (RV), é possível entender e investigar melhor o comportamento e a cognição em tarefas cognitivas e motoras de pessoas mais velhas.

Nesse cenário, embora a RV tenha sido usada em populações idosas em vários estudos para treinar a saúde física ou melhorar a atratividade da intervenção, poucos estudos aplicaram a RV imersiva nos idosos com o intuito de melhorar as habilidades cognitivas (6). O principal objetivo deste trabalho é promover a interação entre os idosos e a realidade virtual, desenvolvendo atividades específicas dentro do sistema de realidade virtual, adaptadas às habilidades e preferências dos idosos, o que inclui uma série de fases de jogos voltadas para o exercício de movimentos e desafios cognitivos projetados para serem envolventes e acessíveis. Para isso, apresentamos o Virtual Mente, um ecossistema de realidade virtual focado na saúde dos idosos, cujo objetivo é proporcionar uma experiência imersiva e interativa, permitindo uma análise precisa das atividades físicas e cognitivas dos idosos. Como resultado, o paciente experimenta uma melhora no quadro de dor no processo cognitivo. Além disso, os benefícios incluem melhorias nos sistemas visual e motor, e, o mais importante, maior independência na realização das atividades da vida diária, conforme afirmado por Inchauspe (10). Além disso, a arquitetura do Virtual Mente foi desenvolvida para padronizar e especificar a comunicação entre as diversas tecnologias utilizadas no sistema, garantindo uma integração eficiente e facilitando a interação entre pesquisadores, profissionais de saúde e pacientes.

O restante deste artigo está organizado da seguinte forma: A Seção 2.1 resume os

trabalhos relacionados, enquanto a Seção 3 apresenta a ferramenta Virtual Mente, suas funcionalidades e arquitetura. A Seção 4 discute os resultados preliminares. Finalmente, a Seção 5 conclui com um resumo dos nossos achados e uma visão sobre o trabalho futuro.

2 REVISÃO

A Realidade Virtual (RV) refere-se ao uso da tecnologia computacional para criar um ambiente tridimensional interativo, onde os objetos parecem ter presença espacial (17). É uma interface avançada homem-computador que simula um ambiente realista e permite que os usuários interajam com ele de maneira imersiva (18). De forma mais ampla, a RV pode ser definida como a criação de um objeto virtual em um ambiente virtual, ou seja, uma simulação ou recriação artificial de situações ou ambientes do mundo real gerados por um computador. Essa tecnologia visa imergir o usuário na experiência, principalmente através da estimulação da visão e da audição, dando a impressão de vivenciar a realidade simulada (19).

Para dar vida a essa experiência imersiva, um conjunto abrangente de tecnologias foi empregado durante o processo de desenvolvimento. A implementação utilizou linguagens como JavaScript, Python e C#, que facilitaram a criação das funcionalidades principais. O motor de jogo Unity serviu como a espinha dorsal para o desenvolvimento dos ambientes virtuais e das interações. Além disso, o RabbitMQ foi utilizado para comunicação eficiente entre os serviços, e o MongoDB garantiu uma persistência robusta de dados, demonstrando a sinergia entre diversas ferramentas na construção de uma aplicação de RV sem interrupções.

2.1 Trabalhos Relacionados

Dulau et al. (5) utilizaram seu sistema de realidade virtual para avaliar a demência em participantes. Em seu estudo, o participante tem total controle da situação dentro do mundo virtual. Nosso sistema difere pois todo o controle do ambiente virtual é completamente gerido pelo profissional de saúde, que prepara todo o sistema para que a pessoa idosa apenas execute as tarefas. Liao et al. (3) desenvolveram seu sistema para também trabalhar com adultos mais velhos e tarefas familiares, como compras e preparação de alimentos; no entanto, algumas dessas atividades exigiam que o usuário se movesse para completar as tarefas. Em nosso trabalho, ambas as fases desenvolvidas não exigem movimento físico de um lugar para outro; apenas movimentos dos membros superiores são necessários. Em outras palavras, as tarefas são realizadas de forma estacionária e, preferencialmente, sentados, o que é mais interessante porque os pacientes podem sentir tontura em certos casos, o que não é desejável.

Além disso, o jogo "Cycling Obstacle Course" mencionado em (15) simula um ambiente de ciclismo, onde os jogadores navegam por obstáculos enquanto pedalam. Nesse jogo, a pontuação está diretamente relacionada à potência gerada e à distância percorrida, incentivando os jogadores a se esforçarem mais para melhorar seu desempenho. Essa abordagem não só torna o exercício físico mais agradável, mas também auxilia na rea-

bilitação motora, permitindo que os usuários pratiquem movimentos essenciais em um ambiente controlado e motivador.

Outro exemplo semelhante é encontrado no trabalho (16), no jogo "Rift-a-bike", que também foca na atividade de ciclismo, mas incorpora elementos narrativos e desafios adicionais. Os jogadores são incentivados a completar missões enquanto pedalam, o que não só aumenta a motivação, mas também promove a adesão a um regime de exercícios. Através de mecânicas de recompensa, como pontos e conquistas, jogos HMD-VR como "Rift-a-bike" ajudam a criar um senso de progresso e realização, o que é essencial para manter o engajamento em intervenções de saúde. Esses jogos demonstram como a gamificação pode ser uma ferramenta eficaz para promover a atividade física e a reabilitação, ao mesmo tempo que proporciona uma experiência imersiva e envolvente para os usuários.

3 VIRTUAL MENTE

O Virtual Mente é um ecossistema composto por um ambiente de realidade virtual e uma plataforma web, que tem como objetivo explorar e integrar sensores de dispositivos de realidade virtual com as atividades e dados gerados, para desenvolver um sistema abrangente que possa avaliar e monitorar as atividades dos idosos. Ao integrar tecnologias de ponta para promover o monitoramento da saúde dos idosos e incentivar a participação social, o Virtual Mente busca não apenas melhorar a qualidade de vida dos idosos, mas também contribuir para o avanço da pesquisa e da prática clínica nesse campo crucial da saúde. Desenvolvido no NUTES¹/UEPB, e em parceria com a Universidade Federal do Rio Grande do Norte, UFRN, e a Universidade Estadual de Montes Claros, UNIMONTES, o produto desenvolvido pelo NUTES, com interesse de outros possíveis parceiros. A Seção 3.2 apresenta as principais funcionalidades do Virtual Mente, enquanto a Seção 3.5 apresenta a plataforma web, na qual profissionais de saúde ou pesquisadores podem definir e coordenar as atividades que serão realizadas pelos pacientes. A Seção 3.6 detalha as fases do jogo. Em seguida, a Seção 3.1 apresenta a arquitetura do Virtual Mente.

3.1 Arquitetura

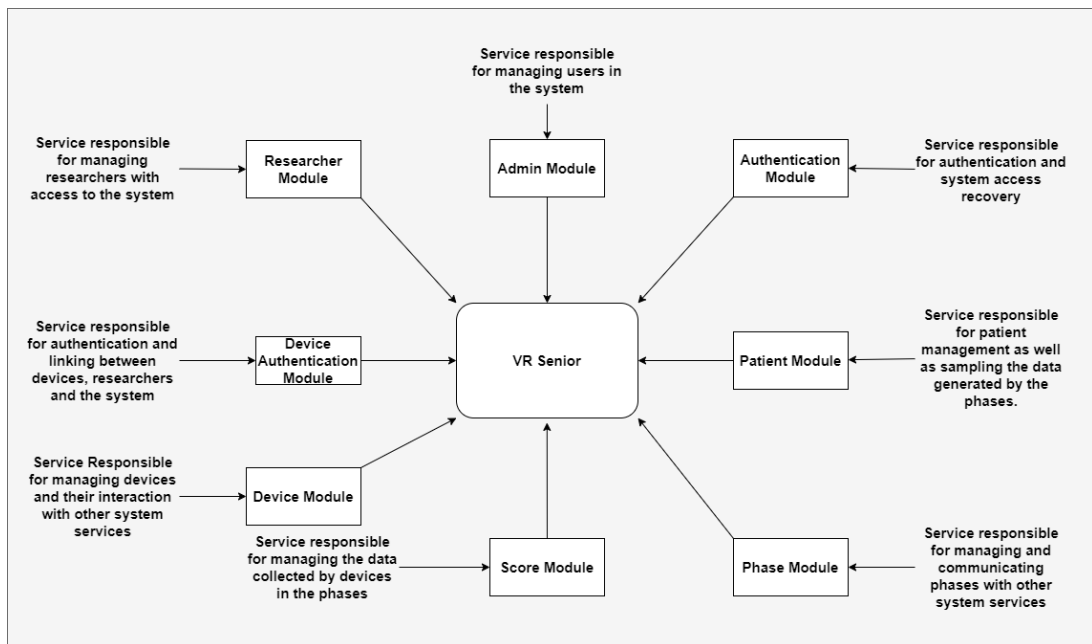
A arquitetura do Virtual Mente é descrita pela visão de implementação, escolhida porque abrange as tecnologias, bem como a forma de comunicação entre os agentes frontend, backend e dispositivo VR (conforme mostrado na Figura 2) e a visão de contexto (conforme mostrado na Figura 1). Na Figura 2, é demonstrado como o sistema funciona em um nível de sistema, ou seja, uma visão um pouco mais ampla do sistema em si, mostrando as linguagens de programação utilizadas, bibliotecas, frameworks e como a comunicação entre as partes é realizada. É possível observar o seguinte: no canto superior esquerdo, o frontend, que é a parte do sistema responsável pelas interações dos usuários pesquisadores com o sistema. No canto inferior esquerdo, o dispositivo utilizado, o Oculus Meta Quest 2, é retratado, e no canto direito da imagem, temos o que é chamado de backend. Nesta parte, podemos observar os seguintes submódulos internos: o API Gateway, que é uma ferramenta de gerenciamento de API que fica entre o cliente e um conjunto de serviços de backend, e o Pilot V2, que contém os módulos detalhados na Figura 1.

A Figura 1 representa todo o sistema como um único processo, composto por fluxos de dados que mostram as interfaces entre o sistema e entidades externas. O diagrama de contexto é uma forma de representar o objeto de estudo, o projeto e sua relação com o ambiente. O sistema foi dividido em módulos, nos quais cada módulo lida com um ou mais requisitos descritos no diagrama de caso de uso (e no backlog).

- **Módulo de Pesquisador:** Gerencia funcionalidades relacionadas aos tipos de

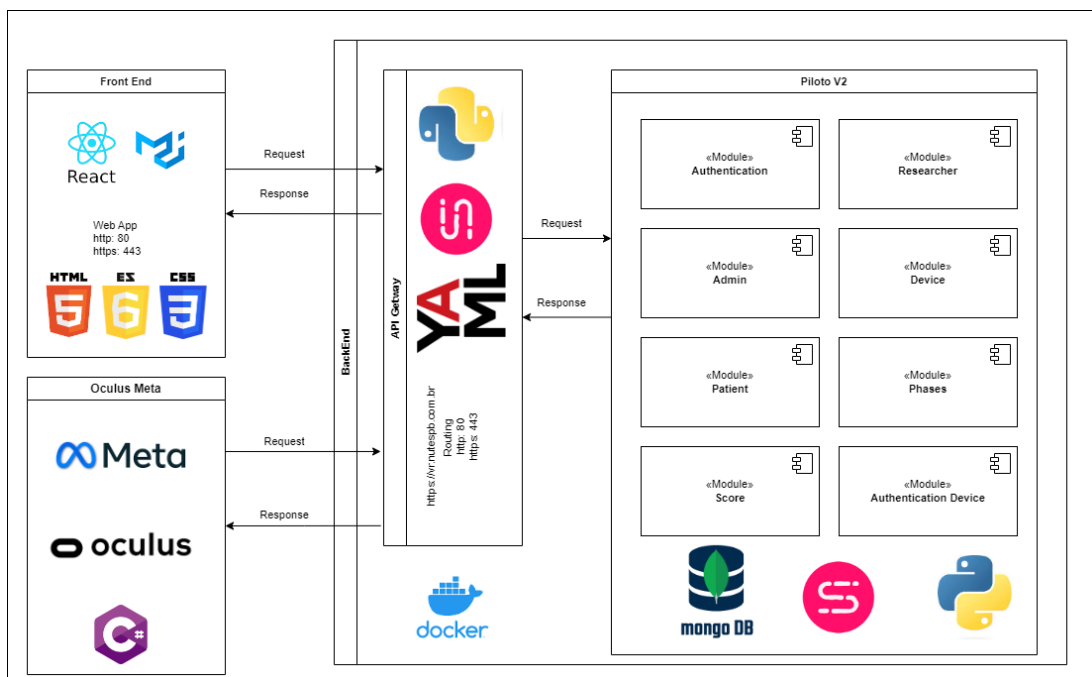
¹Núcleo de Tecnologias Estratégicas em Saúde - NUTES

Figura 1 – Visão Funcional Virtual Mente



Fonte: Elaborado pelo autor, 2024

Figura 2 – Visão de Implementação Virtual Mente



Fonte: Elaborado pelo autor, 2024

usuários pesquisador, especificamente o acesso à plataforma.

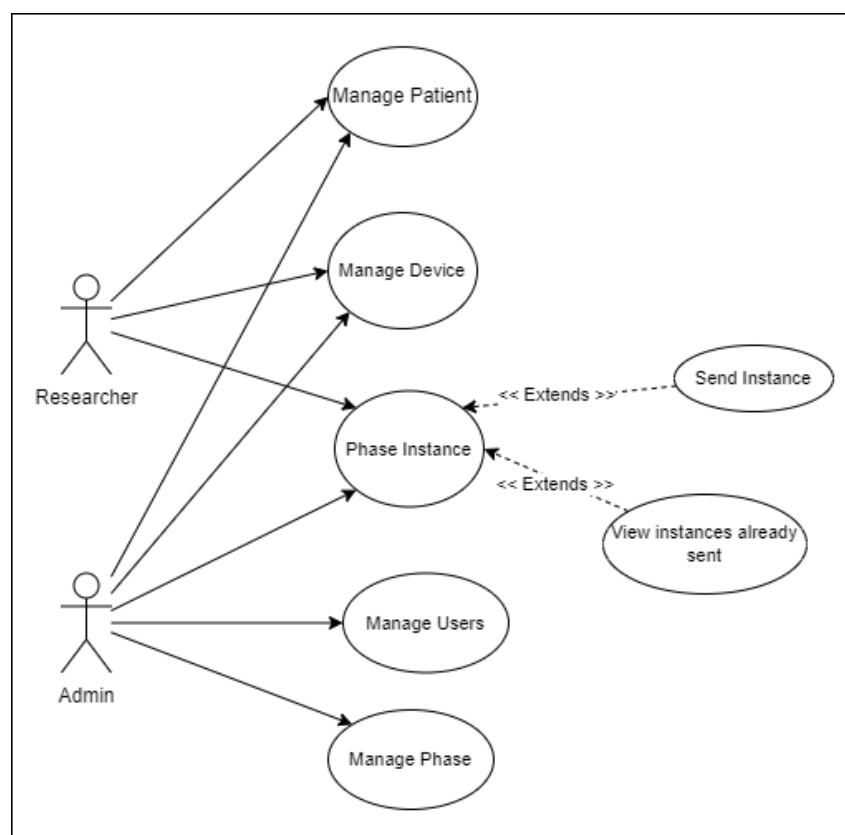
- **Módulo de Admin:** Gerencia o acesso à plataforma, criando usuários dos tipos Admin e Pesquisador, assim como criando novas fases para o sistema.
- **Módulo de Autenticação:** Gerencia a autenticação e autorização do acesso dos usuários à plataforma.
- **Módulo de Pacientes:** Gerencia todos os pacientes na plataforma.
- **Módulo de Fases:** Gerencia as funcionalidades das fases na plataforma.
- **Módulo de Pontuação:** Gerencia a visualização das pontuações na plataforma e seu armazenamento no sistema por meio de dispositivos.
- **Módulo de Dispositivos:** Gerencia o controle de dispositivos na plataforma.
- **Módulo de Autenticação de Dispositivos:** Gerencia o controle de dispositivos no sistema, gerando autorizações e controlando sua autenticação.

3.2 Funcionalidades

Considerando o ecossistema como um todo, as principais funcionalidades são fornecidas pela plataforma web. Ela tem como objetivo fornecer uma interface centralizada para monitorar e controlar todas as atividades relacionadas ao sistema, desde o agendamento de sessões de realidade virtual até o acompanhamento do progresso dos participantes. Essa configuração limita a interação dos idosos a realizar apenas os desafios propostos pelas fases. Além disso, pesquisadores (na área da saúde) e profissionais de saúde podem coletar e analisar dados, bem como revisar o desempenho dos pacientes. A Figura 3 ilustra os principais recursos. Quanto aos atores do sistema, existem duas personas: (i) Pesquisador, correspondente a profissionais e pesquisadores na área da saúde, e (ii) Admin, um usuário com acesso total às funcionalidades do sistema.

- **Gerenciar Pacientes:** Necessidade de adicionar, editar e visualizar pacientes adicionados à plataforma.
- **Gerenciar Dispositivos:** Necessidade de adicionar, editar e visualizar dispositivos adicionados à plataforma.
- **Instância de Fase:** Necessidade de adicionar e visualizar instâncias de fase adicionadas ao sistema.
- **Gerenciar Usuários:** Necessidade de um tipo de usuário Admin (administrador) para adicionar, editar e visualizar usuários com acesso à plataforma.
- **Gerenciar Fases:** Necessidade de o usuário Admin (administrador) adicionar, editar, visualizar e excluir fases na plataforma.

Figura 3 – Diagrama de Caso de Uso Virtual Mente



Fonte: Elaborado pelo autor, 2024

3.3 Visão de Software

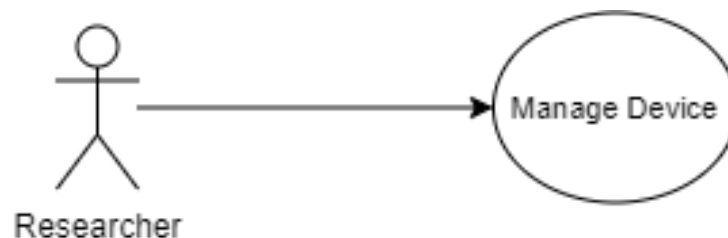
Com base no que foi mostrado anteriormente, as visões arquiteturais propostas para este sistema foram criadas com funcionalidades especificamente projetadas para o projeto. Assim, duas visões com as seguintes funcionalidades foram desenvolvidas:

- Vincular Dispositivos.
- Enviar Fases.

3.3.1 Vincular Dispositivos

Baseado no caso de uso abaixo:

Figura 4 – Caso de Uso - Instância de Fase.



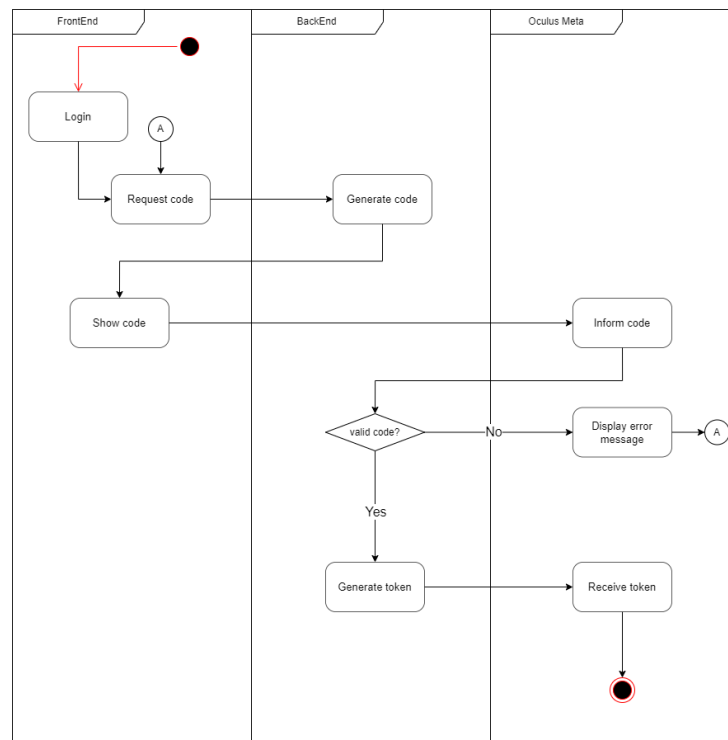
Fonte: Elaborado pelo autor, 2024

A visão arquitetural para este caso de uso, especificamente para a opção "Adicionar", surgiu da necessidade e da falta de mecanismos na caixa de ferramentas fornecida pela Unity, assim como no SDK fornecido pela Meta. Portanto, foi realizado um estudo para determinar a melhor forma de implementar essa funcionalidade, ou seja, o melhor método para vincular um dispositivo de modo que ele fique pronto para ser utilizado pelo usuário para funcionalidades subsequentes que dependem de conexões de dispositivos. Assim, a melhor representação de como esse processo ocorrerá é por meio de um diagrama de atividades, que sequencia as atividades para guiar o fluxo. O diagrama em questão é mostrado a seguir em 7.

Neste diagrama de atividades, o sistema interage internamente e com suas tecnologias para garantir a implementação. O usuário interage com o front-end, gerando um código, que é solicitado via uma requisição HTTP ao back-end. O back-end, então, retorna o código ao front-end como resposta à solicitação. Uma vez que o código é exibido na tela da plataforma, a validação e autenticação do dispositivo são realizadas, especificamente com o Oculus Meta Quest 2 para inserir esse código.

Além disso, para apoiar o sistema, um diagrama de sequência também foi criado para mostrar como a sequência de cada parte do sistema se comunica. Neste caso, o fluxo começa quando o usuário começa a acessar o sistema.

Figura 5 – Diagrama de Atividade - Vincular Dispositivos.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2024

3.3.2 Enviar Fases

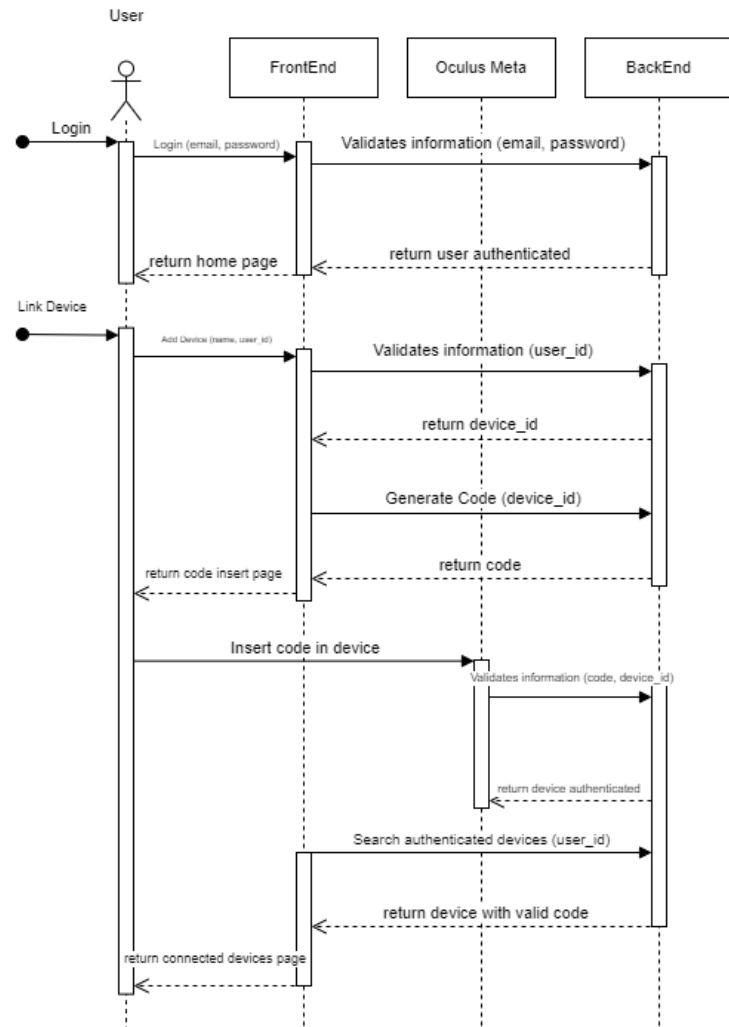
Baseado no caso seguinte caso de uso 7:

Para este caso de uso, também houve a necessidade de um novo desenvolvimento e a criação de uma visão mais detalhada, dado que o mesmo problema do tópico anterior ocorreu — a falta de suporte da toolkit do Unity e do SDK da Meta. Além disso, o objetivo desta funcionalidade é controlar os dispositivos via front-end, permitindo que as fases sejam enviadas ou tenham sua ordem de execução gerenciada por meio dessa interface. Para isso, foi criado o que é chamado de "Instância de Fase", um modelo projetado com os seguintes dados, visando vincular múltiplas entidades:

Contextualizando:

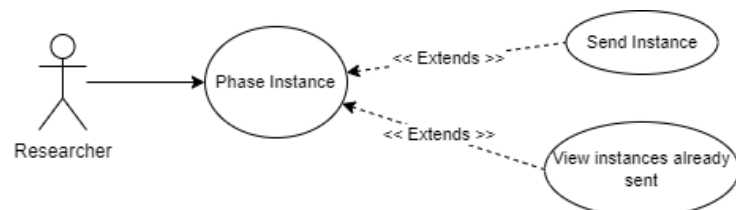
- **phase_id:** Representa o id ou identificador da fase que está sendo enviada.
- **patient_id:** Representa o id ou identificador do paciente que irá realizar a fase.
- **device_id:** Representa o id ou identificador do dispositivo que executa a fase.
- **code_fase:** Representa o código para identificar qual fase será executada no ambiente do dispositivo.
- **state:** Representa o estado em que esta instância de fase se encontra, podendo ser: pendente, em progresso ou concluída.

Figura 6 – Diagrama de Sequência - Vincular Dispositivos



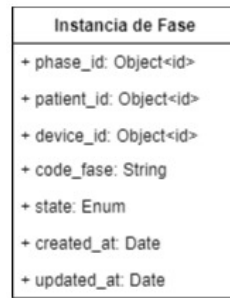
Fonte: Elaborado pelo autor, 2024

Figura 7 – Caso de Uso - Instância de Fase.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2024

Figura 8 – Modelo da Instância de Fase

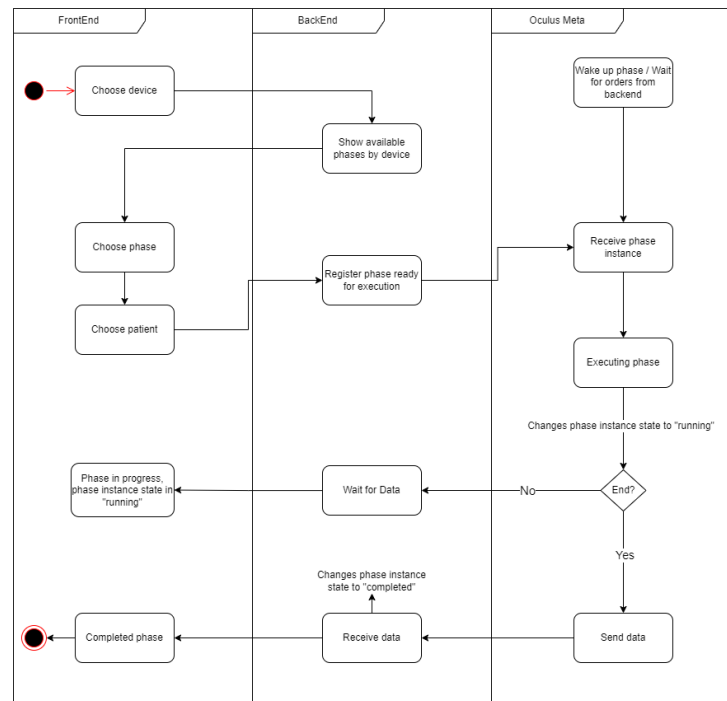


Fonte: Elaborado pelo autor, 2024

- **created_at:** Data de criação da instância.
- **updated_at:** Data de qualquer possível atualização.

Dito isso, para garantir essa funcionalidade, essa instância de fase assegura que os dados gerados, anteriormente chamados de pontuação, pertencem exclusivamente a um paciente, um pesquisador, um dispositivo e uma fase. Esses detalhes são salvos e relacionados com base nos IDs ou identificadores do modelo.

Figura 9 – Diagrama de Atividade - Enviar Fases.

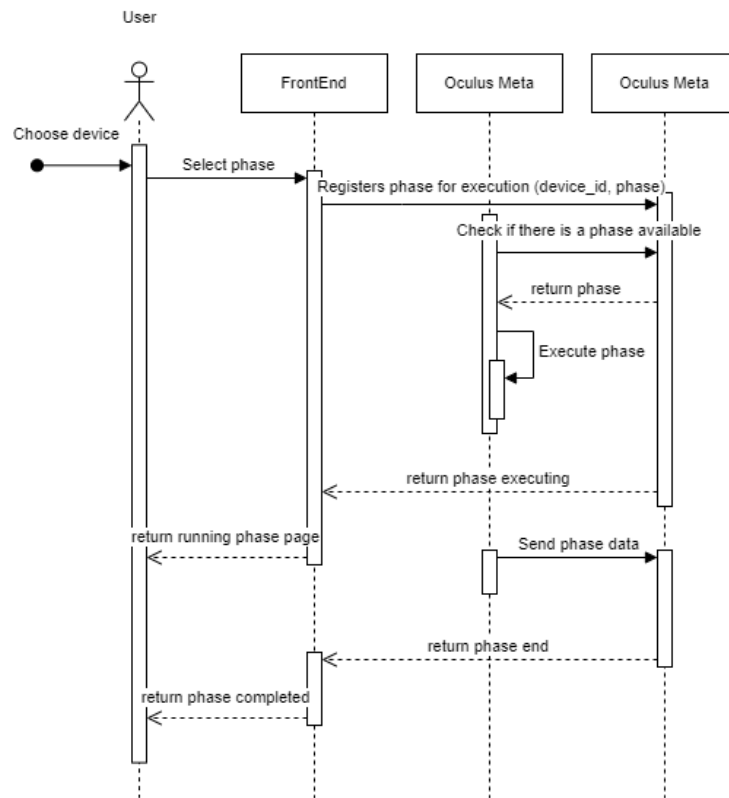


Fonte: Elaborado pelo autor, 2024

Para este diagrama (9), o sistema demonstra o fluxo de como uma nova fase é executada para o dispositivo. Esta etapa pode ser considerada a mais importante para o próprio

sistema, pois garante a persistência dos dados provenientes do dispositivo. Para apoiar isso, um diagrama de sequência (10) foi criado.

Figura 10 – Diagrama de Sequência - Enviar Fases.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2024

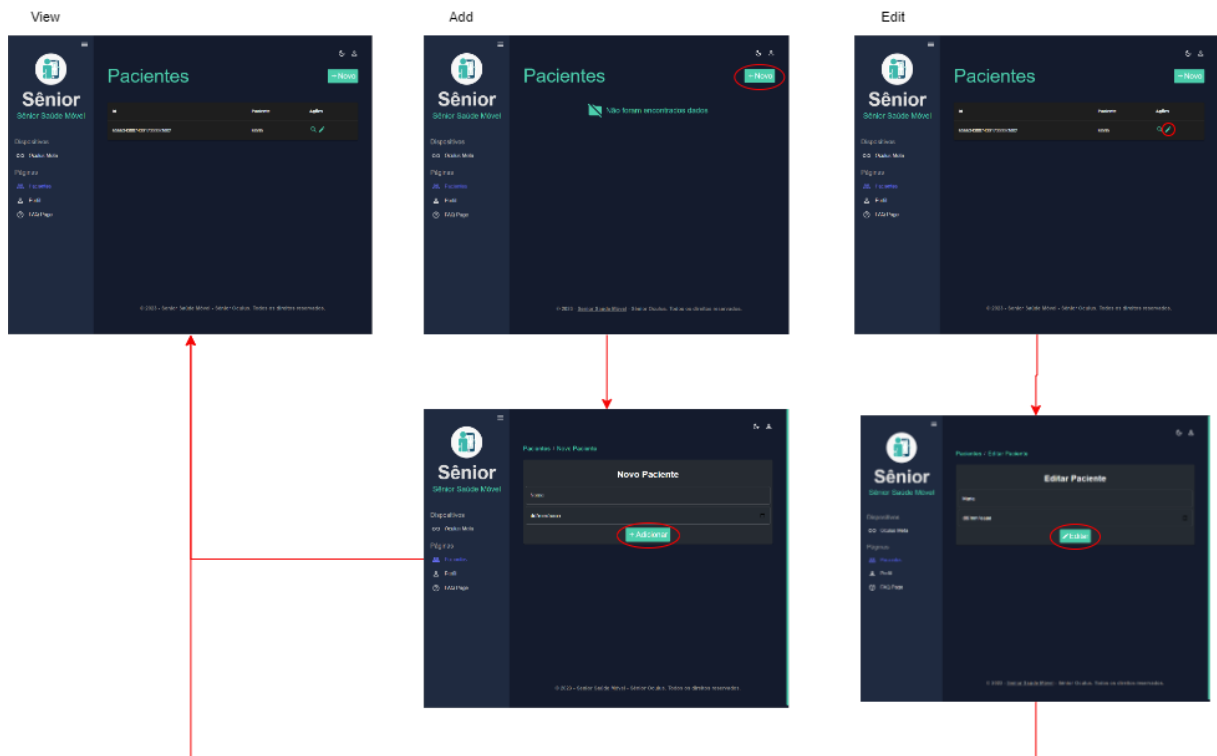
Diferente do diagrama de sequência em (10), este assume que o usuário já está logado e tem acesso à plataforma, então a sequência começa a partir daí.

3.4 Interface de Usuário - Story Telling

Com base nos requisitos do projeto, uma interface inteira foi desenvolvida para interação do usuário com o sistema. Abaixo, os fluxos de tela mais genéricos do sistema serão apresentados em formato de storytelling, onde as visões com arquiteturas mais específicas e desenvolvidas essencialmente para o sistema serão demonstradas na seção seguinte (3.2).

Como mostrado na Figura 11, o fluxo para o gerenciamento de pacientes é apresentado, com a possibilidade, a partir da tela inicial, de adicionar um novo paciente, visualizar os pacientes já adicionados e editar um paciente já adicionado.

Figura 11 – Story Telling - Gerenciamento de Pacientes

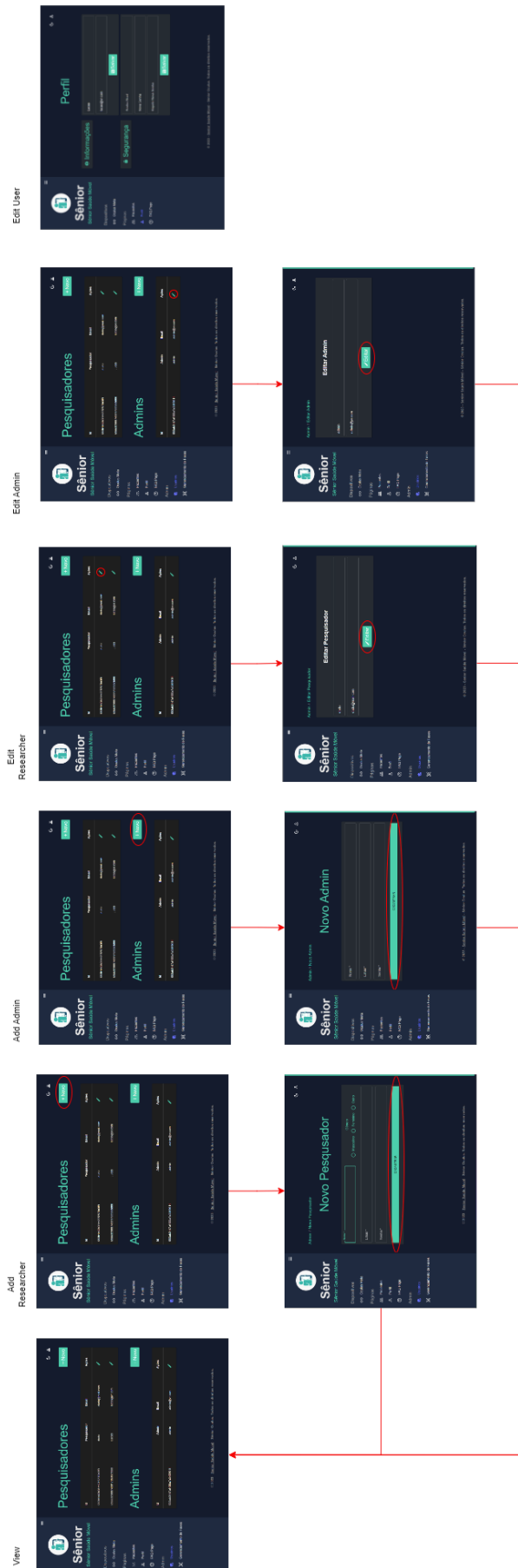


Fonte: Elaborado pelo autor, 2024

Além disso, existe uma tela (12) focada no gerenciamento de usuários que podem acessar o sistema. Nesse sentido, foram desenvolvidos dois tipos de usuários: o Administrador, cujo objetivo é utilizar todas as funcionalidades do sistema e gerenciar outros usuários, e o Pesquisador, cuja única diferença em relação ao Administrador é a incapacidade de gerenciar outros usuários.

Além disso, uma tela que servirá como guia, chamada "FAQ - Perguntas Frequentes", pode ser vista na Figura 13, com o objetivo de esclarecer e orientar o usuário sobre como realizar ações, bem como sobre as funcionalidades do sistema.

Figura 12 – Story Telling - Gerenciamento de Usuários



Fonte: Elaborado pelo autor, 2024

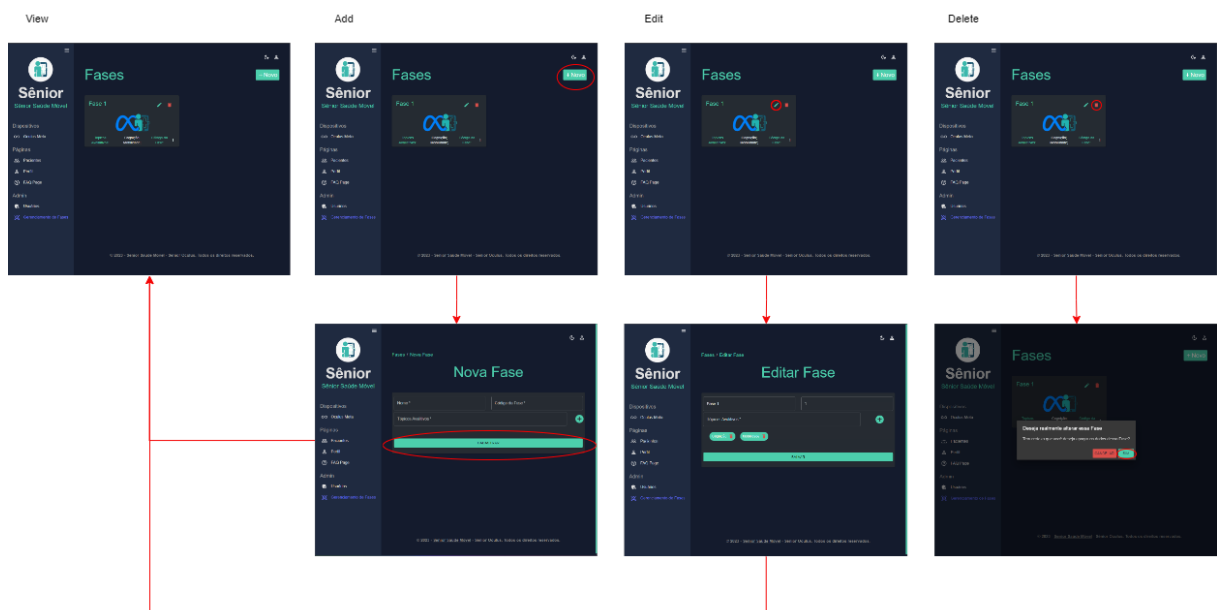
Figura 13 – Story Telling - FAQ



Fonte: <httpsvr.nutespb.com.br/faq>, 2024

Por fim, a tela de cada fase desenvolvida para o dispositivo de realidade virtual Meta Quest 2, onde o paciente realmente realizará a atividade, além de exigir algum conteúdo registrado nesse recurso, como mostrado na Figura 14, apresenta a tela de gerenciamento de fases do sistema.

Figura 14 – Story Telling - Gerenciamento de Fases

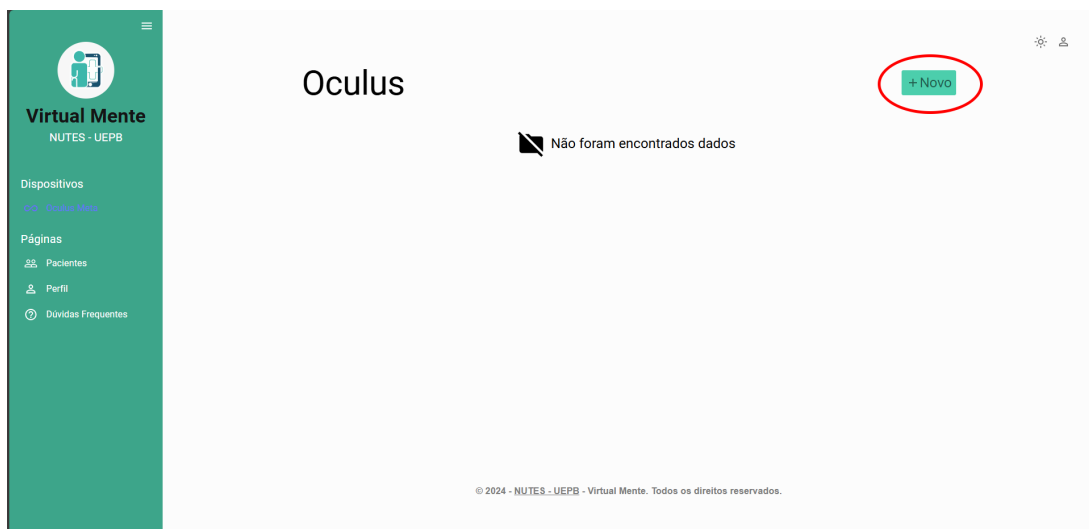


Fonte: Elaborado pelo autor, 2024

3.5 Plataforma para o Pesquisador

Na plataforma web, para iniciar o jogo, é necessário que o usuário Pesquisador realize duas atividades previamente: (i) Adicionar dispositivo, e (ii) Enviar fase (Ambas fazem parte dos casos de uso Gerenciar Dispositivo e Instância de Fase 3, respectivamente). Primeiro, o usuário Pesquisador deve adicionar os dispositivos aos quais as fases do jogo serão associadas. Por meio dessa associação, a plataforma restringe o controle da fase ao paciente, e o pesquisador pode visualizar os dados gerados por essas fases.

Figura 15 – Criar Dispositivo



Fonte: Elaborado pelo autor, 2024

Para vincular o dispositivo à plataforma, o processo é o seguinte: primeiramente, o usuário Pesquisador, na tela do Oculus Meta, nomeia o dispositivo clicando no botão "Novo" (conforme mostrado na Figura 15). Em seguida, um código é gerado (como mostrado na Figura 16), e esse código (como ilustrado na Figura 19) deve ser inserido no dispositivo (como mostrado na Figura 19). Assim, o sistema vincula o dispositivo, tornando-o pronto para uso (como ilustrado na Figura 18).

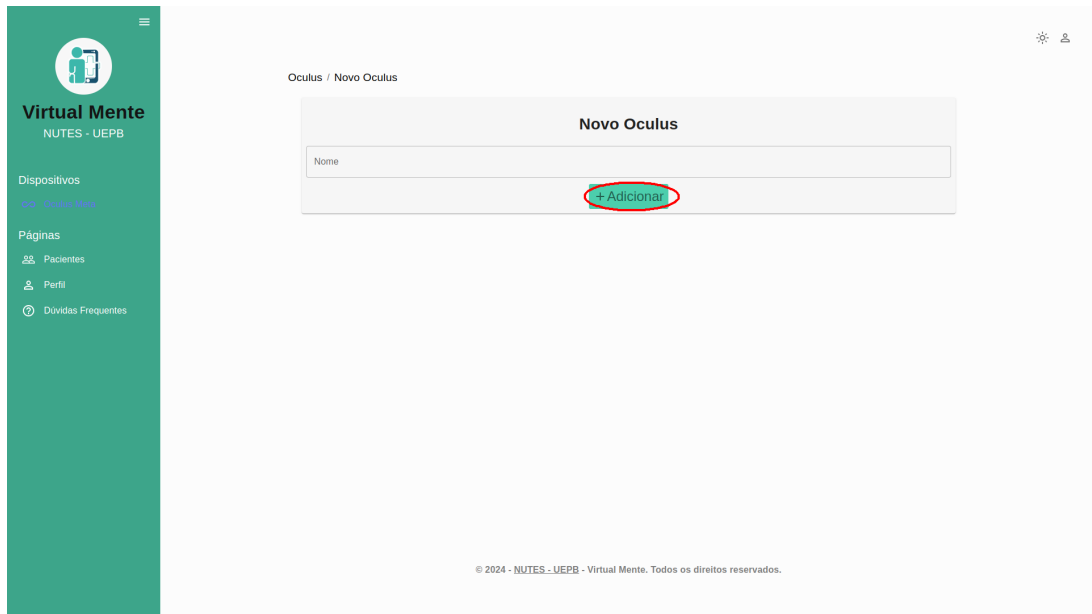
O sistema permite analisar o desempenho e o progresso dos usuários em um ambiente de realidade virtual, visando avaliar as habilidades motoras e cognitivas, assim como o tempo de execução, possibilitando que profissionais de saúde ajustem o foco do tratamento. O cenário é ambientado em uma cozinha, escolhida por ser um ambiente comum, o que proporcionaria maior familiaridade para os usuários idosos ou pacientes.

3.6 Jogo - Ambiente Virtual

Goal

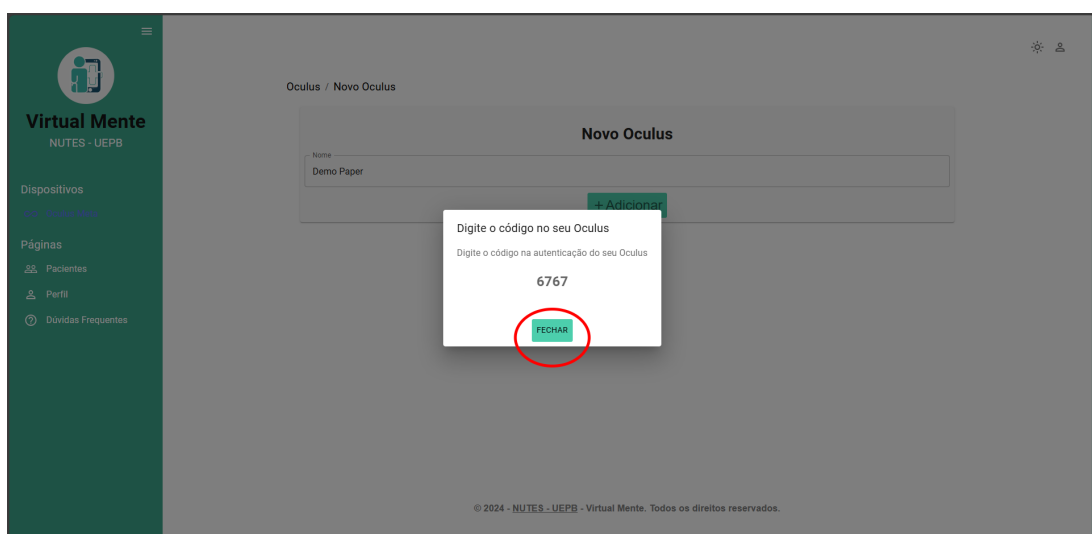
O sistema permite analisar o desempenho e o progresso dos usuários em um ambiente de realidade virtual, visando avaliar as habilidades motoras e cognitivas, assim como o

Figura 16 – Nome do Dispositivo



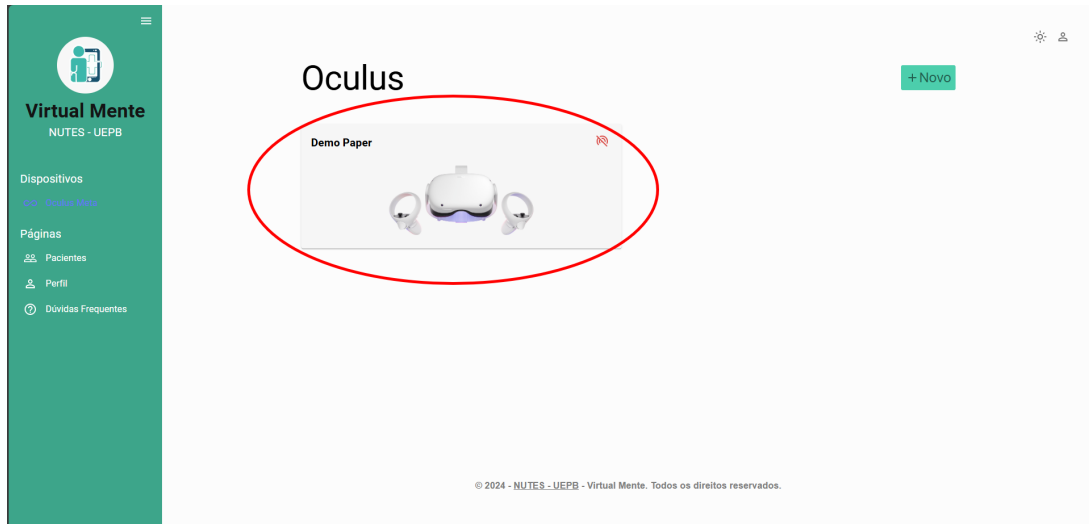
Fonte: Elaborado pelo autor, 2024

Figura 17 – Código



Fonte: Elaborado pelo autor, 2024

Figura 18 – Dispositivo Adicionado com Sucesso



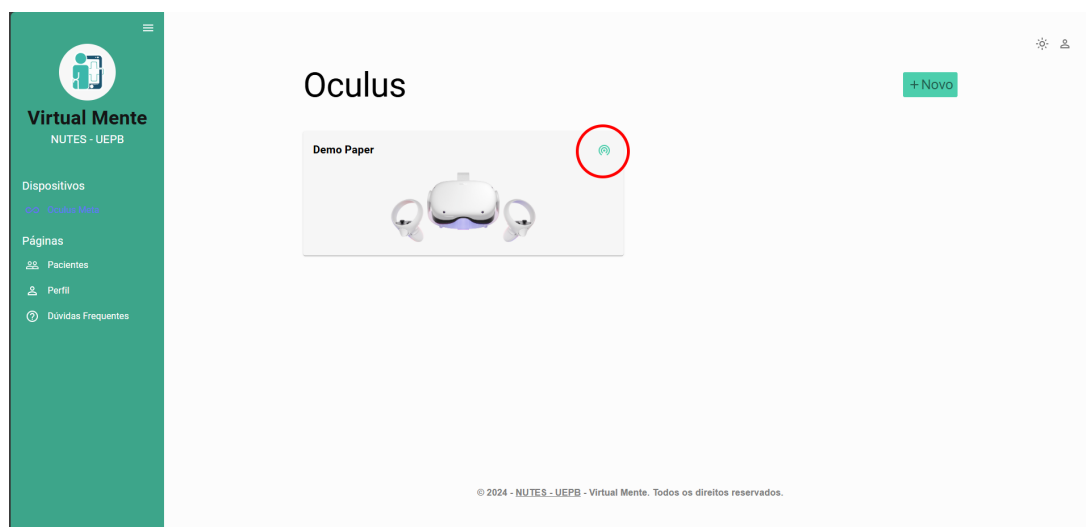
Fonte: Elaborado pelo autor, 2024

Figura 19 – Inserir Código no Dispositivo



Fonte: Capturado do aplicativo no dispositivo de VR

Figura 20 – Dispositivo Online



Fonte: Elaborado pelo autor, 2024

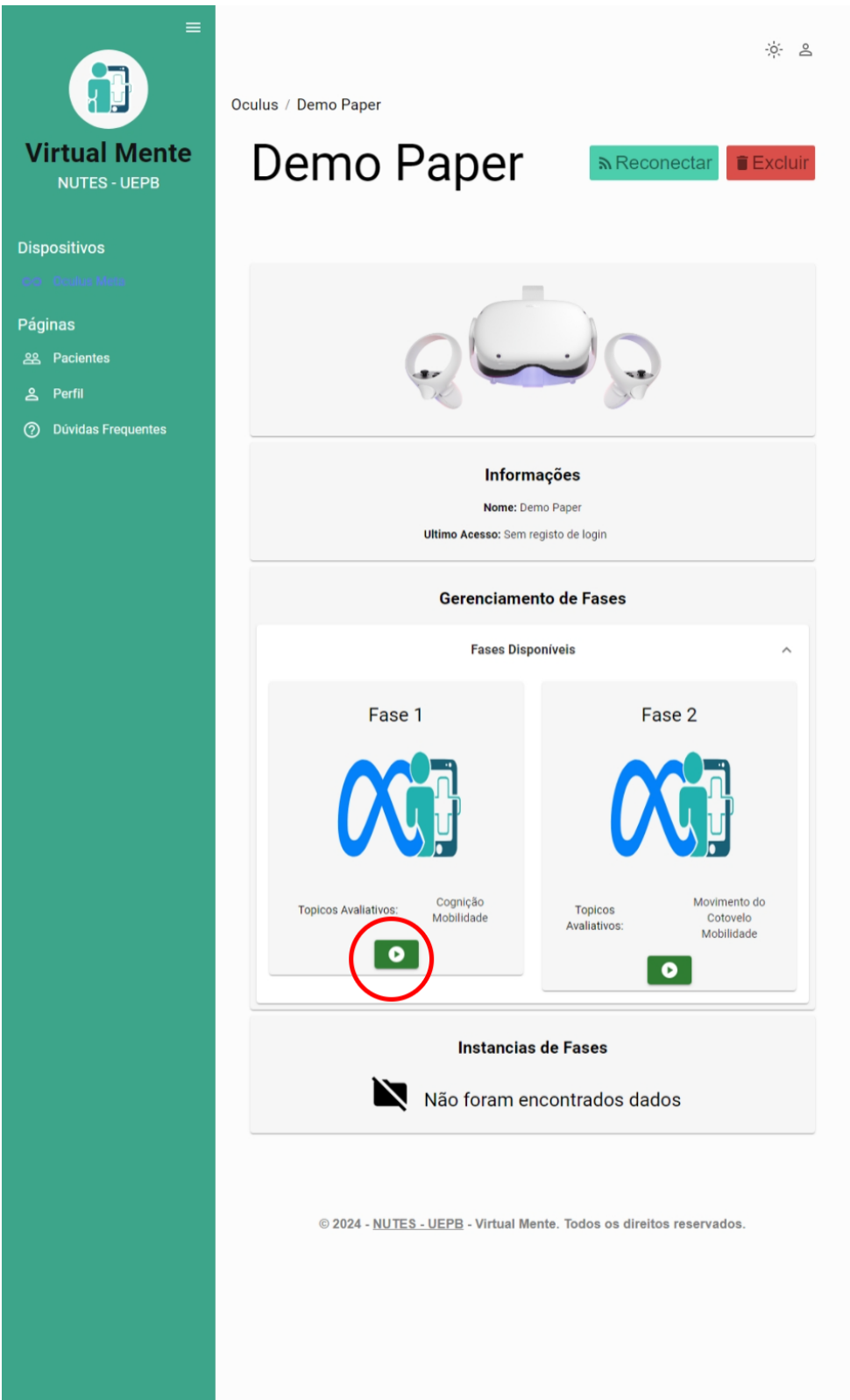
tempo de execução, possibilitando que profissionais de saúde ajustem o foco do tratamento. O cenário é ambientado em uma cozinha, escolhida por ser um ambiente comum, o que proporcionaria maior familiaridade para os usuários idosos ou pacientes.

Nessa cozinha, há uma mesa, utensílios, frutas, vegetais, desenhos nas paredes, prateleiras, móveis de cozinha, porta, janela, sofá, e também iluminação para a compreensão da cena (como mostrado nas Figuras 24 e 25). A diferença entre as atividades em cada fase está na forma como os elementos são distribuídos e organizados sobre a mesa. Tanto o número de fases quanto a organização dos elementos em cada fase podem ser configuráveis na plataforma web.

3.6.1 Questões

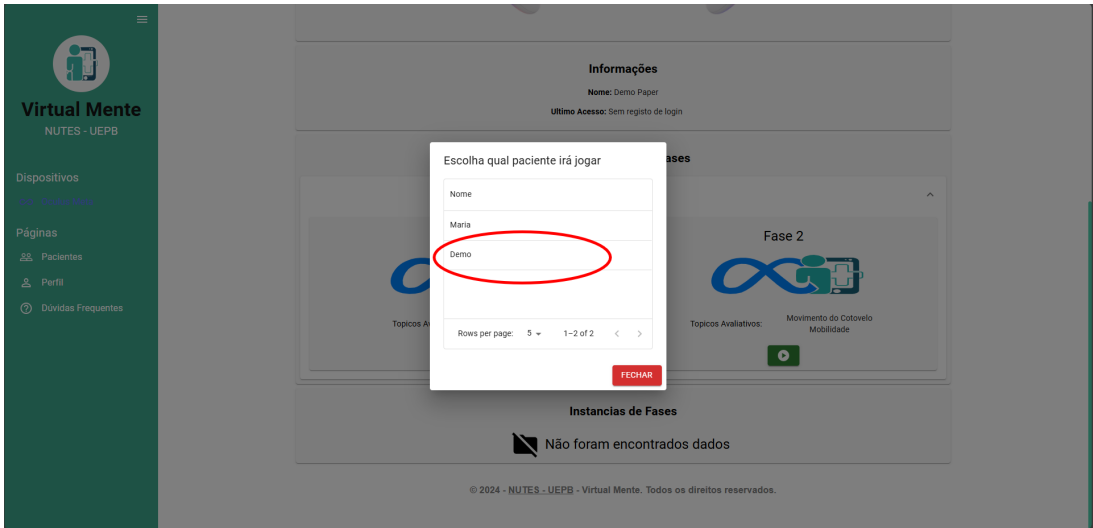
1. **Mobilidade:** Qual é o nível de mobilidade apresentado pelos usuários durante as fases do jogo?
2. **Tempo de Conclusão:** Quanto tempo os usuários levam para completar as tarefas propostas em cada fase?
3. **Capacidade Cognitiva:** Como os usuários lidam com a resolução de problemas ou desafios no ambiente virtual?
4. **Habilidades Motoras:** Quão precisos são os movimentos realizados pelos usuários?
5. **Efetividade do Ambiente Familiar:** O ambiente familiar, como a cozinha, impacta positivamente a interação e os resultados dos usuários?

Figura 21 – Escolha de Fase



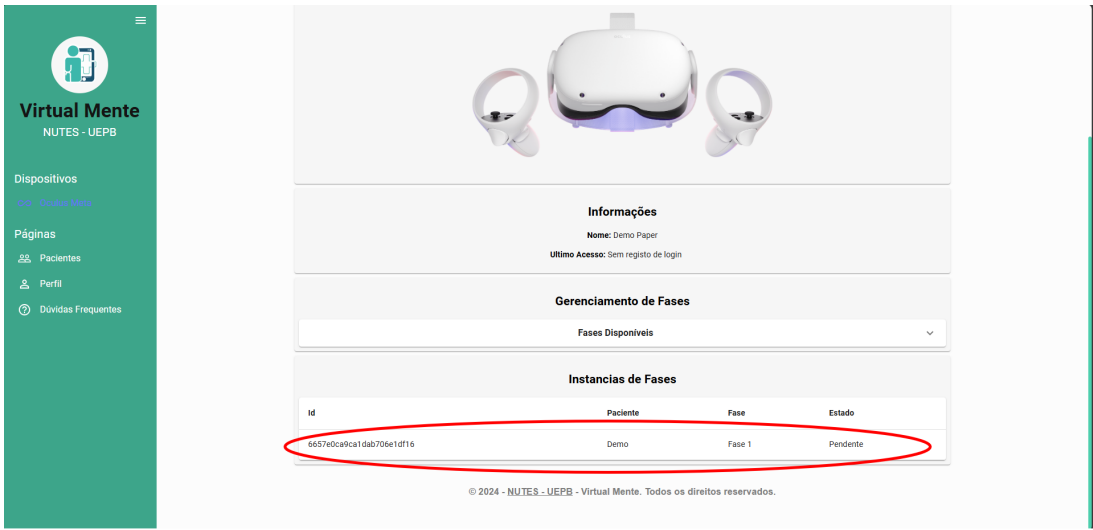
Fonte: Elaborado pelo autor, 2024

Figura 22 – Escolha do Paciente



Fonte: Elaborado pelo autor, 2024

Figura 23 – Fase executando



Fonte: Elaborado pelo autor, 2024

Figura 24 – Jogo - Ponto de Vista A



Fonte: Capturado do aplicativo no dispositivo de VR

Figura 25 – Jogo - Ponto de Vista B



Fonte: Capturado do aplicativo no dispositivo de VR

6. **Progresso Geral:** Quais melhorias são observadas ao longo do tempo com base nos dados coletados?

3.6.2 Métricas

1. **Mobilidade:** Número de movimentos bem-sucedidos em relação ao total de movimentos.
2. **Tempo de Conclusão:** Tempo médio para completar cada tarefa.
3. **Capacidade Cognitiva:** Taxa de acerto em desafios ou tarefas cognitivas.
4. **Habilidades Motoras:** Taxa de precisão dos movimentos realizados (por exemplo, pegar objetos, manipular itens).
5. **Efetividade do Ambiente Familiar:** Taxa de interação com elementos específicos do ambiente (por exemplo, itens da cozinha).
6. **Progresso Geral:** Comparação longitudinal de dados de mobilidade, tempo de conclusão e precisão dos movimentos ao longo das sessões.

3.6.3 Game Goals

Em ambas as fases, a interação envolve principalmente frutas e vegetais organizados nas extremidades da mesa (como ilustrado na Figura 26), com os pratos no centro. O paciente deve combinar as frutas e vegetais com os pratos correspondentes; a organização dessas frutas, ou seja, em qual prato cada uma deve ser colocada, pode ser vista no centro da Figura 26. Cada movimento realizado é monitorado pelo sistema e armazenado para gerar o resultado. O objetivo principal é colocar a fruta correspondente em cada prato. Também há indicações visuais e auditivas para colocações corretas e incorretas; se a fruta ou o vegetal estiver no prato errado, um efeito sonoro é acionado e a borda do prato fica vermelha. Da mesma forma, se a fruta ou o vegetal estiver no prato correto, a borda do prato fica verde e outro efeito sonoro é tocado.

3.7 Evoluções

Realizamos um experimento piloto, conforme (13), com quatro profissionais de saúde, em nosso laboratório de computação biomédica, para avaliar a eficácia do Virtual Mente em proporcionar uma experiência imersiva e interativa, permitindo uma análise precisa das atividades físicas e cognitivas dos idosos. Três variáveis dependentes foram consideradas: compreensão, precisão e esforço. Os participantes resolveram tarefas de **gerenciamento de pacientes, gerenciamento de usuários, gerenciamento de fases (enviando a fase para o dispositivo) e vinculação do dispositivo**. Em seguida, os resultados

Figura 26 – Jogo - Ponto de Vista da Fase



Fonte: Capturado do aplicativo no dispositivo de VR

foram medidos em termos da compreensão dos participantes sobre as tarefas, bem como a precisão das soluções e o esforço necessário.

De forma geral, o tempo gasto por cada profissional para realizar essas tarefas foi registrado. Observou-se que alguns problemas de usabilidade tornaram certas tarefas um pouco confusas durante a interação inicial com a plataforma. No entanto, todos os participantes conseguiram realizar as atividades em tempos significativamente semelhantes, com o primeiro participante levando um pouco mais de tempo do que os seguintes. Mesmo assim, todos conseguiram concluir as tarefas, e as anotações feitas servirão para melhorar versões futuras da ferramenta. Os resultados preliminares deste estudo, quanto à precisão e compreensão dos participantes, mostram que o Virtual Mente pode proporcionar um efeito benéfico na função cognitiva dos idosos, principalmente nas áreas de desempenho cognitivo geral, atenção e habilidade executiva visuoespacial.

4 DISCUSSÕES

O Virtual Mente se destaca por sua abordagem inovadora de realidade virtual imersiva, voltada especificamente para o monitoramento e reabilitação das habilidades cognitivas e motoras de adultos mais velhos. Diferente de estudos anteriores que priorizam aplicações para entretenimento ou fitness, essa solução combina feedback sensorial em tempo real com um ambiente adaptado às necessidades dos idosos. Esse nível de personalização, ainda pouco explorado na literatura atual, permite um foco mais eficaz na reabilitação cognitiva, proporcionando uma experiência única e centrada no usuário.

A arquitetura modular do sistema foi projetada para integrar diversas tecnologias e ferramentas, facilitando a interação entre pesquisadores, profissionais de saúde e pacientes. Essa flexibilidade garante que os componentes possam ser atualizados ou substituídos sem comprometer a funcionalidade geral do sistema. Além disso, a coleta e análise de dados desempenham um papel crucial, permitindo a avaliação contínua do progresso cognitivo e motor dos usuários, o que contribui diretamente para a melhoria da solução e das intervenções aplicadas.

O processo de desenvolvimento enfrentou desafios significativos, como a criação de um ambiente virtual acessível e intuitivo para adultos mais velhos que podem ter limitações físicas ou cognitivas. Outro obstáculo importante foi garantir o feedback sensorial em tempo real, um elemento essencial para a imersão e eficácia do treinamento. A integração de tecnologias diversas e a coordenação entre as partes interessadas exigiram um planejamento estratégico e uma comunicação eficaz, ambos críticos para o sucesso do projeto.

A principal contribuição do Virtual Mente reside na criação de uma solução prática e inovadora que preenche uma lacuna na aplicação de realidade virtual para treinamento cognitivo em adultos mais velhos. Além de oferecer uma ferramenta eficaz para reabilitação, a solução gera dados valiosos que podem informar pesquisas futuras e aprimorar práticas clínicas. Assim, o projeto não apenas avança o conhecimento na área, mas também tem o potencial de impactar positivamente a qualidade de vida dos idosos, estabelecendo um modelo que pode inspirar futuros desenvolvimentos.

5 CONCLUSÃO

O uso da realidade virtual para avaliar as habilidades cognitivas de indivíduos idosos oferece grande potencial para métodos avançados de saúde e garante uma melhoria na qualidade de vida da população mais velha. Ao utilizar o ambiente virtual, os idosos podem se beneficiar da imersão e interatividade da tecnologia de RV, enquanto pesquisadores e profissionais da área podem realizar avaliações altamente precisas. Isso permite intervenções específicas nas áreas observadas e aprimora a capacidade dos idosos de manter a saúde física e cognitiva à medida que envelhecem.

Para funcionalidades futuras, está sendo considerada a adição de uma camada de ciência de dados para processar os dados gerados durante as sessões realizadas pelos idosos. Isso permitiria que a plataforma utilizada pelos profissionais de saúde exibisse dados tratados e, se possível, classificados de alguma forma. Da mesma forma, há planos para melhorias baseadas em requisitos não funcionais em áreas como usabilidade, segurança, disponibilidade e outras, a fim de aprimorar a experiência do usuário para todos que acessam e utilizam o sistema.

REFERÊNCIAS

- [1] SWAROOP, K. Narendra; CHANDU, Kavitha; GORREPOTU, Ramesh; DEB, Subimal. A health monitoring system for vital signs using IoT. **Internet of Things**, Elsevier, v. 5, p. 116-129, mar. 2019. DOI: 10.1016/J.IOT.2019.01.004.
- [2] YEN, Hsin Yen; CHIU, Huei Ling. Virtual Reality Exergames for Improving Older Adults' Cognition and Depression: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Control Trials. **Journal of the American Medical Directors Association**, v. 22, n. 5, p. 995-1002, maio 2021. DOI: 10.1016/J.JAMDA.2021.03.009.
- [3] LIAO, Ying Yi; TSENG, Han Yun; LIN, Yi Jia; WANG, Chung Jen; HSU, Wei Chun. Using virtual reality-based training to improve cognitive function, instrumental activities of daily living and neural efficiency in older adults with mild cognitive impairment. **European journal of physical and rehabilitation medicine**, v. 56, n. 1, p. 47-57, 2020. DOI: 10.23736/S1973-9087.19.05899-4.
- [4] FREEMAN, D.; REEVE, S.; ROBINSON, A.; EHLERS, A.; CLARK, D.; SPANLANG, B.; SLATER, M. Virtual reality in the assessment, understanding, and treatment of mental health disorders. **Psychological medicine**, v. 47, n. 14, p. 2393-2400, out. 2017. DOI: 10.1017/S003329171700040X.
- [5] DULAU, George. A virtual reality game for cognitive impairment screening in the elderly: A user perspective. In: **10th IEEE International Conference on Cognitive Infocommunications, CogInfoCom 2019 - Proceedings**, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., p. 403-410, out. 2019.
- [6] LIN, C.; REN, Y.; LU, A. The effectiveness of virtual reality games in improving cognition, mobility, and emotion in elderly post-stroke patients: a systematic review and meta-analysis. **Neurosurg Rev** **46**, 167, 2023.
- [7] GARCÍA-BETANCES, Rebeca I.; JIMÉNEZ-MIXCO, Viveca; ARREDONDO, María T.; CABRERA-UMPIÉRREZ, María F. Using virtual reality for cognitive training of the elderly. **American journal of Alzheimer's disease and other dementias**, v. 30, n. 1, p. 49-54, fev. 2015. DOI: 10.1177/1533317514545866.
- [8] STANMORE, Emma; STUBBS, Brendon; VANCAMPFORT, Davy; DE BRUIN, Eling D.; FIRTH, Joseph. The effect of active video games on cognitive functioning in clinical and non-clinical populations: A meta-analysis of randomized controlled trials. **Neuroscience & Biobehavioral Reviews**, v. 78, p. 34-43, jul. 2017. DOI: 10.1016/J.NEUBIOREV.2017.04.011.

- [9] MANERA, Valeria; CHAPOULIE, Emmanuelle; BOURGEOIS, Jérémy; GUERCHOUCHE, Rachid; DAVID, Renaud; ONDREJ, Jan; DRETTAKIS, George; ROBERT, Philippe. A Feasibility Study with Image-Based Rendered Virtual Reality in Patients with Mild Cognitive Impairment and Dementia. **PloS one**, v. 11, n. 3, mar. 2016. DOI: 10.1371/journal.pone.0151487.
- [10] INCHAUSPE, Matias. The effectiveness of the use of video games and software-based programs for asthma education and self-management for children and teenagers. **Fisioterapia em Movimento**, v. 34, maio 2021. DOI: 10.1590/FM.2021.34202.
- [11] LIU, Zhilan; HE, Zhijie; YUAN, Jing; LIN, Hua; FU, Conghui; ZHANG, Yan; WANG, Nian; LI, Guo; BU, Jing; CHEN, Mei; JIA, Jie. Application of Immersive Virtual-Reality-Based Puzzle Games in Elderly Patients with Post-Stroke Cognitive Impairment: A Pilot Study. **Brain Sciences**, 2023.
- [12] CLEMENTS, Paul; GARLAN, David; LITTLE, Reed; NORD, Robert; STAFFORD, Judith. Documenting software architectures: views and beyond. In: **25th International Conference on Software Engineering, 2003. Proceedings**, IEEE, p. 740-741, 2003.
- [13] WOHLIN, Claes; RUNESON, Per; HST, Martin; OHLSSON, Magnus C.; REGNELL, Björn; WESSLN, Anders. **Experimentation in Software Engineering**. Springer, 2012.
- [14] Martins Pinto, J., Neri, A. L., & Pinto, J. M. (2017). Trajetórias da participação social na velhice: uma revisão sistemática da literatura. *Revista Brasileira de Geriatria e Gerontologia*, 20(2).
- [15] Shaw, L. A., Wünsche, B. C., Lutteroth, C., Marks, S., Buckley, J., & Corballis, P. (2015). Development and evaluation of an exercycle game using immersive technologies. *Proceedings of the 8th Australasian Workshop on Health Informatics and Knowledge Management (HIKM)*, Volume 164. Australian Computer Society, 75–85. Retrieved from <https://researchportal.bath.ac.uk/en/publications/development-and-evaluation-of-an-exercycle-game-using-immersive-t>. Accessed 29 Aug 2024.
- [16] Tuveri, E., Macis, L., Sorrentino, F., Spano, L., & Scateni, R. (2016). Fitmersive games: fitness gamification through immersive VR, 212–215.
- [17] Bryson, S. (2013). Virtual Reality: A Definition History - A Personal Essay. <https://arxiv.org/abs/1312.4322v1>
- [18] Latta, J. N., Oberg, D. J. (1994). A Conceptual Virtual Reality Model. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 14(1), 23–29. <https://doi.org/10.1109/38.250915>

- [19] Rebbani, Z., Azougagh, D., Bahatti, L., Bouattane, O. (2021). Definitions and Applications of Augmented/Virtual Reality: A Survey. *International Journal of Emerging Trends in Engineering Research*, 9(3), 279–285. <https://doi.org/10.30534/IJETER/2021/21932021>